



Materiais de Construção Civil II

Materiais de Construção Civil II

Liane Ferreira dos Santos

Ligia Vitória Real

Karina Leonetti Lopes

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Andre Baltazar Nogueira

Bárbara Nardi Melo

Sheila Ribeiro de Gouveia

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Leticia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Liane Ferreira dos
S237m Materiais de construção civil II / Liane Ferreira dos
Santos, Ligia Vitória Real, Karina Leonetti Lopes. – Londrina :
Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
208 p.

ISBN 978-85-522-0739-9

1. Engenharia. 2. Construção civil. I. Santos, Liane
Ferreira dos. II. Real, Ligia Vitória. III. Lopes, Karina Leonetti.
IV. Título.

CDD 620

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 – Londrina – PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Concreto na construção civil	7
Seção 1.1 - Propriedades do concreto	9
Seção 1.2 - Aditivos, adições e estudo da dosagem	24
Seção 1.3 - Mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto	36
Unidade 2 Ensaios e controle tecnológico do concreto	53
Seção 2.1 - Resistência do concreto	55
Seção 2.2 - Ensaios para análise do concreto	70
Seção 2.3 - Controle tecnológico do concreto	85
Unidade 3 Argamassa e revestimentos	105
Seção 3.1 - Revestimentos comuns na construção civil	108
Seção 3.2 - Execução do revestimento	122
Seção 3.3 - Patologias dos revestimentos	137
Unidade 4 Materiais de acabamento	155
Seção 4.1 - As rochas utilizadas na engenharia	157
Seção 4.2 - Tintas e vernizes	173
Seção 4.3 - Vidros e plásticos	188

Palavras do autor

Seja bem-vindo ao livro didático da disciplina Materiais de Construção Civil III!

Neste livro, você será apresentado aos materiais de construção largamente utilizados no Brasil e no mundo há séculos e que, mesmo assim, têm sua tecnologia constantemente renovada, permitindo o desenvolvimento de suas aplicações em projetos cada vez mais desafiadores produzidos pela indústria da construção.

O estudo aqui proposto contribuirá substancialmente para o entendimento da aplicação desses materiais, permitindo que você possa tomar decisões mais inteligentes e conscientes, considerando todo o ciclo de vida de uma construção.

O livro está estruturado da seguinte maneira: a Unidade 1 apresentará as propriedades básicas do concreto, conceitos de dosagem, o uso de adições e aditivos e, finalmente, como trabalhar a mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto. Na Unidade 2, abordaremos o conceito de resistência, formas de análise e controle tecnológico do concreto. Já o assunto da Unidade 3 será execução e patologias de revestimentos comuns na construção civil. Finalizaremos nosso estudo na Unidade 4, a qual trará o uso de rochas na construção e a tecnologia básica de tintas, vernizes, vidros e plásticos. Dessa forma, após concluídas as atividades das quatro unidades, você estará complementando os estudos dos materiais de construção civil mais empregados no Brasil.

Para maior absorção do conteúdo deste livro, você deve se lembrar que é o protagonista e centro do processo de aprendizagem, ou seja, a sua atitude e postura em relação a ele deve ser ativa. Por isso, utilize-se de todos os recursos propostos neste material, desde os links interativos, os exercícios e muito mais. Outro importante recurso de aprendizagem é a análise crítica do conteúdo, portanto, procure correlacionar o conteúdo abordado com outras disciplinas estudadas e experiências práticas vividas. Aproveite os estudos!

Concreto na construção civil

Convite ao estudo

Caro aluno, seja bem-vindo à nossa primeira unidade do livro didático de Materiais de Construção Civil II. Nesta etapa, você será apresentado às propriedades básicas do concreto, conceitos de dosagem, uso de adições e aditivos e, finalmente, conhecerá como trabalhar a mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto.

O entendimento das propriedades do concreto e suas aplicações são de grande importância para a formação de um engenheiro civil, afinal, o concreto continua sendo o material construtivo mais utilizado em todo o mundo. Portanto, você irá se deparar com ele ao longo de sua carreira, mesmo que opte por atuar em outras especialidades da engenharia civil.

Podemos aprender mais sobre o concreto nos colocando em uma situação prática. Vamos contextualizar uma situação real para nos fazer pensar em como aplicar os conhecimentos adquiridos? Nosso desafio será o seguinte: você se formará engenheiro civil em seis meses e foi recém-contratado para uma vaga de estágio em uma indústria de pré-fabricados de concreto. Trata-se de uma empresa brasileira, recém-adquirida por um grupo alemão que atua na mesma área e deseja investir no mercado brasileiro a médio prazo. Nesse estágio, você e a equipe com quem trabalhará serão desafiados a alinhar as expectativas da nova direção, que pretende aplicar as tecnologias do concreto já consolidadas na Alemanha, mas que precisam ser "tropicalizadas" para o Brasil. Você será inserido em um forte contexto de tecnologia do concreto e limitações de recursos que exigirá criatividade, conhecimento científico e prático para lidar com os desafios impostos. Dessa forma, pergunto-lhe: o que você sabe sobre as novas tecnologias empregadas ao concreto? Você compreende como aplicar os conceitos e as propriedades dos materiais

e correlacionar com a aplicação prática do concreto? Como o conhecimento da aplicação de aditivos e adições em dosagem bem estudadas pode tornar a empresa muito mais competitiva? Será necessário obter respostas a muitas outras perguntas que um futuro engenheiro com capacidade de análise crítica, como você, fará.

Parabéns pelo seu novo estágio! Podemos transformar o mundo para melhor se soubermos empregar de forma adequada a tecnologia. Bom trabalho e aproveite os estudos!

Seção 1.1

Propriedades do concreto

Diálogo aberto

Embora o concreto seja um material largamente utilizado pela humanidade, a sua aplicação, da forma que conhecemos, tem apenas aproximadamente 100 anos, portanto, ainda temos importantes desafios com relação a esse material. Ainda que algum leigo possa imaginar que a mistura de concreto seja algo simples, na verdade, a sua tecnologia vem dando passos largos dia após dia. Dessa forma, como engenheiro civil, você terá de ter a habilidade de se reciclar a todo momento, pois não é só a tecnologia da computação ou da medicina que avança. Na engenharia civil, a todo momento novas soluções têm permitido obras melhores e, claro, mais competitivas.

Nesta seção, você será inserido no universo do concreto, recebendo conteúdos básicos sobre o estudo desse importante material e suas propriedades no estado fresco e endurecido. Completaremos essa parte refletindo sobre a agressividade ao concreto, portanto, entendendo como torná-lo um material mais durável.

Então, vamos trabalhar? Você já está há um mês como estagiário da empresa de pré-fabricados, a qual, após ser adquirida por uma empresa alemã, fará uma reestruturação na tecnologia aplicada no concreto utilizado para produzir as peças estruturais. Nesse momento, a empresa identificou que o concreto utilizado na produção das vigas protendidas, ao endurecer, tem apresentado um aspecto ruim, craquelado, na face que fica exposta durante o lançamento do concreto na forma, ou seja, a viga de seção retangular apresenta três faces com bom acabamento, mas a face de cima, que fica aberta para a concretagem, tem um acabamento muito pior do que o das outras faces. Foi lhe dada a missão de identificar por que isso está ocorrendo. Assim, você terá de entender as características do concreto utilizado e analisar como as propriedades do concreto no estado fresco estão afetando o acabamento do concreto no estado endurecido.

Não pode faltar

Você já se perguntou por que o concreto é tão empregado? Na verdade, esse é um material fascinante, porque podemos dar a ele a forma que quisermos, ou seja, é uma “rocha” moldável. É como brincar de massinha, o limite é a nossa criatividade. A grande durabilidade desse material diante das intempéries é outra característica importante e não podemos deixar de considerar o baixo custo e a abundância dos materiais constituintes.



Refleta



O estudo de um material versátil como o concreto, com custo módico, matéria-prima abundante, se faz necessário para a satisfação das necessidades de infraestrutura da sociedade, tendo como foco o ser humano. Os desafios gerados pelo desenvolvimento da tecnologia do concreto, com aumento das possibilidades de aplicação, melhoria contínua de suas propriedades físicas e de sua durabilidade, ajustando cada vez mais seus processos em busca de uma economia sustentável, fazem parte da criação de uma sociedade mais justa, com infraestrutura disponível para todos como forma de garantia de vida digna aos brasileiros. (MARQUES FILHO, 2011)

O concreto é um material de construção composto por um meio aglomerante (cimento + água), agregados miúdos e graúdos, podendo ou não ter componentes minoritários, como aditivos e adições. Esses constituintes normais ao concreto podem ser descritos como:

- Cimento Portland: aglomerante hidráulico constituído de uma mistura de clínquer Portland e gesso.
- Agregados: material granular inerte (pedra, areia etc.), cujas partículas são ligadas entre si por um aglomerante (cimento).
- Aditivos: produto em pó ou no estado líquido, adicionado ao concreto, geralmente em pequenas quantidades, com o objetivo de modificar as propriedades do concreto.
- Adições: material finamente distribuído, usado no concreto, geralmente em maior quantidade que os aditivos, com o intuito de melhorar qualidades específicas.

Para que você possa especificar um concreto ou produzi-lo em obra com qualidade, de forma a atender aos desafios técnicos e econômicos atuais, é fundamental conhecer as propriedades desse material tanto no seu estado fresco (recém-misturado) como no estado endurecido, quando reações entre o aglomerante e a água se processam, fazendo com que o concreto adquira coesão e resistência mecânica.



Assimile

Para que você, como engenheiro, possa obter um concreto que apresente resistência compatível com o seu uso, seja DURÁVEL e, é claro, econômico, é necessário ter em mente:

1. As características e formas de uso de cada um dos materiais constituintes do concreto.
2. Capacidade de reconhecer e medir as propriedades do concreto e de saber como podemos alterá-las para atender a demandas específicas de cada empreendimento.
3. Saber realizar a mistura, o transporte, o lançamento, o adensamento, o acabamento e a cura do concreto de forma a serem compatíveis com os desafios de projeto.
4. Preocupar-se com o atendimento às especificações durante a execução e após o endurecimento do concreto e saber tomar decisões caso não sejam atendidas as exigências de projeto.



Dica

Pasta: mistura de água e cimento (aglomerante).

Argamassa: mistura do agregado miúdo à pasta (cimento + água).

Concreto: acréscimo do agregado graúdo à argamassa (cimento + agregados + água).

As mais importantes propriedades do concreto fresco são: a trabalhabilidade, a integridade de massa (oposto de segregação) e o poder de retenção da água (oposto da exsudação).

A **trabalhabilidade** é uma propriedade de difícil conceituação, pois envolve outras propriedades e define a facilidade ou não de realizar várias etapas da aplicação do concreto, como: mistura, transporte, lançamento, adensamento e acabamento. Considerando-se várias definições, podemos conceituar a trabalhabilidade como a propriedade

que determina o esforço necessário para manipular uma quantidade de concreto recém-misturado com perda mínima de homogeneidade.

A **coesão** e **consistência** de uma mistura de concreto compõem o conceito de trabalhabilidade. A definição física de coesão é a ligação harmônica entre partes. Ou seja, concretos com boa coesão não apresentam segregação (separação) dos constituintes da mistura, acarretando em facilidade de adensamento e acabamento do concreto. Já a consistência está relacionada com a mobilidade do concreto fresco e sua facilidade de escoar. A consistência é avaliada em termos de abatimento, isto é, quanto maior a umidade da mistura, maior o abatimento (BAUER, 2016; MEHTA; MONTEIRO, 2008).



Vocabulário

Fluência do concreto fresco: em concretos convencionais, é medida pelo ensaio de abatimento do tronco-cone (*Slump Test*) e é um índice de mobilidade do concreto fresco.

A **segregação** é a separação dos constituintes de uma mistura heterogênea de modo que sua distribuição deixe de ser uniforme. Podemos citar como causas da segregação:

- Diferenças no tamanho das partículas.
- Diferenças na massa específica dos constituintes.
- Traço inadequado.
- Vibração excessiva ou a falta dela durante adensamento do concreto na peça, entre outras.

A **exsudação** é uma forma de segregação e pode ser observada com o aparecimento de água "sobrando" na superfície do concreto recém-lançado e acabado. Como na segregação, a exsudação é a separação de um dos constituintes do concreto, nesse caso, a água, por se tratar do material mais leve na mistura, ou seja, a mistura apresentou uma ineficiência em reter a água. Portanto, um traço inadequado, com, muitas vezes, grande diferença nas dimensões dos agregados e aglomerantes ou baixa capacidade de retenção de água desses materiais, pode levar a níveis patológicos de exsudação.

Se não protegemos o concreto de segregação e exsudação, estaremos afetando diretamente o desempenho dele, tanto no estado fresco como no estado endurecido.



Na Figura 1.1, observa-se um concreto autoadensável, apresentando exsudação e segregação em níveis patológicos, pois o traço apresenta-se inadequado e pode-se notar claramente a falta de coesão da mistura (segregação), e pelo brilho exagerado do concreto observam-se níveis altos de exsudação (falta de retenção de água dos outros constituintes do concreto).

Figura 1.1 | Realização do ensaio de espalhamento de um concreto autoadensável apresentando altos níveis de exsudação e segregação



Fonte: acervo da autora.

Já na Figura 1.2, podemos observar dois corpos de prova (CP) de concreto. O que está à direita é um CP moldado com uma mistura coesa e homogênea, ou seja, livre de segregação ou exsudação; e o CP que está à esquerda foi moldado com uma mistura completamente segregada, mostrando claramente como estaria prejudicando a área da seção de uma peça de concreto na obra. Quando você ou um colega de profissão calcular uma estrutura de concreto, deverá definir a área da seção da peça. Se na execução a peça ficar como o CP do exemplo, com certeza você terá sérios problemas para garantir a estabilidade dela!

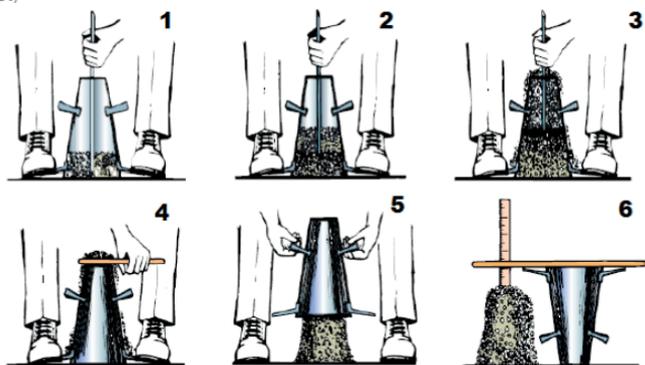
Figura 1.2 | Comparação entre dois corpos de prova de concreto mostrando uma mistura de concreto segregado e outra homogênea



Fonte: elaborada pelo autor.

O método de ensaio utilizado para avaliar a consistência do concreto é o ensaio de abatimento do tronco de cone, usualmente conhecido como *slump test* e descrito pela NBR NM 67 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL, 1998) (Figura 1.3).

Figura 1.3 | Processo de realização do ensaio de abatimento do tronco de cone (*slump test*)



Fonte: Mehta e Monteiro (2008, p. 362).



Lembre-se

Concreto fresco: concreto que pode ser trabalhado.

Concreto endurecido: concreto que já alcançou certa resistência.

Sobre o *Slump Test*:

- Não existe nenhuma relação direta entre a resistência do concreto e a sua consistência (*slump test*).
- Para concreto usinado, a verificação do *slump test* deve ser realizada assim que o caminhão betoneira chegar à obra.

A propriedade mais referenciada do concreto em seu estado endurecido é a resistência à compressão, já que é facilmente obtida e relacionável a outras propriedades, mas você não pode deixar de estudar a resistência à flexo-tração, diametral, tração pura e módulo de elasticidade, que serão abordados na Unidade 2.

A ABNT NBR 5739 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL, 2007) é a norma que define o procedimento para se medir a resistência à compressão do concreto.



Módulo de elasticidade: é a relação entre tensão aplicada em material e a deformação correspondente.



Para que você possa garantir a qualidade do concreto, primeiramente, é necessário se preocupar com os materiais que o constituem, portanto, é importante saber sua função. Para isso, vamos fazer o seguinte exercício: imagine uma mistura de concreto e vamos acrescentar um constituinte de forma mais “exagerada” do outro. Por exemplo, um concreto com alto consumo de cimento. Como isso afetaria a mistura?

Teríamos:

- MAIOR plasticidade.
- MAIOR coesão.
- MENOR segregação.
- MENOR exsudação.
- MAIOR calor de hidratação.
- MAIOR variação volumétrica.

Podemos concluir que o cimento tem a função de envolver os agregados, preencher os vazios e permitir, quando no estado fresco, que haja maior facilidade de manusear a mistura. Quando no estado endurecido, proporciona a resistência aos esforços mecânicos e uma certa impermeabilidade ao concreto, portanto, quanto mais impermeável, mais durabilidade o concreto terá diante de agentes agressivos.

São várias as razões para termos os agregados na mistura de concreto. Do ponto de vista econômico, podemos ressaltar que os agregados ocupam de 60 a 80% do volume do concreto e são mais baratos do que o cimento. Do ponto de vista técnico, podemos dizer que influenciam muitas propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, tais como: trabalhabilidade, retração por plástica, módulo de elasticidade, densidade, durabilidade, resistência, desgaste por abrasão, entre outras.



Vocabulário

Retração por plástica: refere-se à variação de volume que ocorre enquanto o concreto está ainda fresco. Ela é usualmente observada na forma de fissuras de retração plástica que acontecem antes ou durante o acabamento.



Refleta

Agora, vamos imaginar novamente uma mistura de concreto, mas desta vez vamos aumentar o consumo do agregado miúdo. Como isso afetaria a mistura?

Teríamos uma mistura com o aumento do consumo de água, grande aumento do consumo do cimento, consequência do consumo de água e, por fim, maior plasticidade, afinal, não teríamos a rugosidade do agregado graúdo para "atrapalhar".

Agora, se aumentássemos exageradamente o consumo de agregado graúdo, a mistura ficaria plástica apenas se tivéssemos agregados graúdos mais arredondados e lisos, entretanto, dessa forma teríamos uma mistura com menor aderência. Se o agregado graúdo fosse lamelar (com uma de suas dimensões muito menor em relação à outra) aumentaríamos o consumo de cimento, areia e água e, por consequência, teríamos menor resistência.



Dica

Para concretos convencionais, os melhores agregados têm a forma cúbica e rugosa.

Importante observar que as substâncias nocivas ao concreto mais comuns nos agregados são:

- Torrões de argila
 - Quando não se desagregam durante a mistura, são agregados frágeis.
 - Quando se pulverizam, dificultam a aderência entre pasta e agregado.
- Materiais pulverulentos
 - Dificultam a aderência entre pasta e agregado.
 - Provocam queda da resistência.
- Impurezas orgânicas

- Interferem na hidratação do cimento (podendo até inibi-la). Mais comum em areias naturais.

- Açúcar

- A presença de açúcar tem como característica o retardamento de pega do cimento, prejudicando a evolução das resistências do concreto.



Pesquise mais

No Capítulo 5, do livro *Tecnologia do concreto*, disponível na Biblioteca Virtual, você poderá aprofundar seu conhecimento sobre as propriedades do concreto fresco.

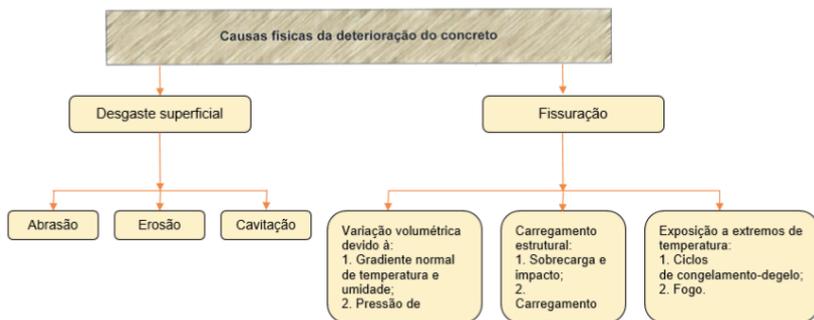
NEVILLE, A. M. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Um dos pontos que você não pode esquecer de estudar é a durabilidade do concreto. Em geral, pensa-se apenas na resistência do concreto, entretanto, pode-se ter um concreto que atenda aos requisitos mínimos de qualidade para ambientes naturais e industriais, mas há casos em que a deterioração precoce ocorre e, portanto, é fundamental a preocupação com ao que o concreto será exposto. Segundo Mehta e Monteiro (2008), a durabilidade de um concreto de cimento Portland é definida como a sua capacidade de resistir à ação de intempéries, ataque químico, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração.

A taxa de deterioração, normalmente, está vinculada com a mobilidade da água por seus poros, ou seja, está relacionada ao nível de permeabilidade do concreto. Portanto, o raciocínio é simples: aumentando a impermeabilidade, teremos a diminuição da porosidade capilar e teremos, por exemplo, maior resistência a sulfatos, inibição da reação álcali-agregado e, por fim, maior durabilidade.

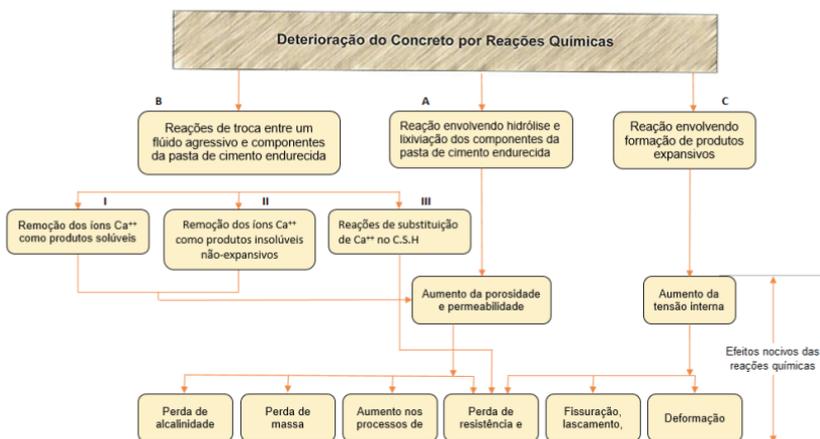
Faz-se necessário ressaltar as causas químicas e físicas da deterioração do concreto, as quais estão agrupadas nas Figuras 1.4 e 1.5.

Figura 1.4 | Causas físicas da deterioração do concreto



Fonte: adaptada de Mehta e Monteiro (2008, p. 131).

Figura 1.5 | Tipos de reações químicas responsáveis pela deterioração do concreto*



Fonte: Mehta e Monteiro (2008, p. 158).

* A: ataque de água mole no hidróxido de cálcio e C-S-H presentes nos cimentos Portland hidratados; B(I): solução ácida formando componentes solúveis de cálcio, como cloreto de cálcio, sulfato de cálcio, acetato de cálcio ou bicarbonato de cálcio; B(II): soluções de ácido oxálico e seus sais, formando oxalato de cálcio; B(III): ataque de longa duração de água do mar enfraquecendo o C-SH pela substituição de Ca^{2+} por Mg^{2+} ; C: ataque por sulfato formando etringita e gesso, reação álcali-agregado, corrosão da armadura no concreto, hidratação de MgO e CaO cristalinos.



Complemente seus estudos lendo as considerações finais do Capítulo 22, do livro a seguir:

MEDEIROS, Marcelo H. F.; ANDRADE, Jairo J. O.; HELENE, Paulo. Durabilidade e Vida útil das estruturas de concreto. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 773-808.

Sem medo de errar

Já se passou uma semana desde que a diretoria técnica passou a tarefa para você e sua equipe identificarem o que está acontecendo com o concreto que tem sido aplicado para produzir as vigas pré-fabricadas. Hoje, você terá uma reunião importante, na qual deverá expor, por meio de uma apresentação, o que identificou na fábrica que está prejudicando a qualidade do concreto. Dessa forma, esperamos encontrar na sua apresentação uma análise criteriosa dos materiais que constituem o concreto produzido, uma análise da qualidade da mistura empregada, um acompanhamento dos procedimentos adotados para a execução do trabalho e, por fim, uma conclusão das possíveis etapas com problemas que têm levado à patologia identificada pela diretoria técnica da empresa.

Uma das características normalmente identificadas em uma situação como essa, entre outras, são pequenas cavidades provocadas pela água exsudada. Essas cavidades, no caso apresentado, estão sob os agregados graúdos e a armadura, aparecendo na parte superior da peça pré-fabricada, tornando a parte de cima da peça mais fraca do que a parte de baixo e, portanto, prejudicando o acabamento da peça, quando não o desempenho estrutural dela.

Com esse trabalho você deverá compreender que a especificação das características do concreto e o concreto de concretagem adequado pode imprimir a uma empresa ou obra competitividade de mercado, ou seja, apenas com a aplicação de tecnologia e desenvolvimento contínuo é que a engenharia pode fazer diferença na indústria da construção como um todo, tornando as empresas mais competitivas no mercado e, portanto, evoluindo a sociedade.

Exsudação na prática

Descrição da situação-problema

Você é estagiário de uma construtora e é responsável pelo recebimento de concreto em uma obra residencial de grande porte, destinada a atender a população de baixa renda. A construtora que você trabalha tem adotado técnicas novas em suas construções e estabeleceu que este condomínio residencial seria desenvolvido na técnica de parede de concreto. Durante a concretagem, você e o engenheiro responsável pela obra puderam notar que o concreto apresentava altos níveis de exsudação, como na Figura 1.6:

Figura 1.6 | Observação de instabilidade da mistura (segregação) pelo ensaio de espalhamento no tronco cone



Fonte: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/135/concreto-auto-adensavel-caracteristicas-e-aplicacao-285721-1.aspx>>. Acesso em: 31 out. 2017.

Considerando essa situação, como você deverá proceder ao receber esse concreto?

Para saber mais, acesse:

<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/paredes-de-concreto-armado-moldadas-in-loco-286799-1.aspx>>. Acesso em: 31 out. 2017.

<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/135/concreto-auto-adensavel-caracteristicas-e-aplicacao-285721-1.aspx>>. Acesso em: 31 out. 2017.

Resolução da situação-problema

Para resolver essa situação, você terá um trabalho de articulação com os responsáveis pela execução da obra e os responsáveis pela

produção do concreto. Um engenheiro civil tem de ter a capacidade de identificar as patologias de um concreto durante o recebimento dele, afinal, são, aproximadamente, duas horas de cuidado que responderão por, no mínimo, 50 anos de vida daquele produto. Portanto, o correto a fazer é rejeitar o concreto. Por isso, os prazos de execução de uma obra devem prever esse tipo de eventualidade. Após rejeitar a mistura, você deverá, com o responsável pela obra, voltar a fazer uma validação da mistura na concreteira e no laboratório de controle tecnológico. Agora que já sabe as razões que levam à segregação de um concreto, pode, em conjunto com essas empresas, investigar as causas e corrigir a mistura para as próximas concretagens.

Faça valer a pena

1. Conhecer as propriedades do concreto no estado fresco é fundamental para que se possa tomar decisões importantes quanto à especificação do concreto e ao controle de qualidade, mas conseguir identificar essas características na prática exige uma atenção do engenheiro responsável.

Considerando a afirmação apresentada, complete a frase a seguir:

A _____ é definida como um fenômeno, cuja manifestação externa é o aparecimento de água na superfície após o concreto ter sido _____ e _____, porém antes de ocorrer _____, ou seja, quando a sedimentação não pode mais ocorrer.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) segregação, aplicado, acabado, o seu endurecimento.
- b) exsudação, lançado, adensado, a sua pega.
- c) exsudação, misturado, transportado, o ganho de resistência.
- d) segregação, trabalhado, alisado, o aumento de resistência.
- e) segregação, produzido, finalizado, a sua pega inicial.

2. Segundo Petrucci (1995), uma camada de nata porosa, associada à manifestação externa de exsudação, é causada pela tendência de a água percolar nos capilares internos do concreto, carregando as partículas mais finas do cimento, areia e argila (presentes como impurezas no agregado) e depositando-as sob a forma de lama na superfície do concreto. A

camada de nata superficial contém uma elevada relação água/cimento, sendo, portanto, porosa, mole e fraca. Quando uma laje de piso ou um pavimento apresentar superficialmente essa nata porosa, o concreto, ao invés de ter uma superfície resistente e durável, apresentará uma superfície com tendência à pulverulência. Os produtos de hidratação dessa pasta de cimento porosa, dessa camada de lixiviação, são facilmente carbonatados ao ar. Logo, se a lixiviação ocorrer no topo de uma junta fria ou camada intermediária, irá resultar em uma ligação fraca com a próxima camada. Consequentemente, a nata porosa no concreto endurecido deve ser sempre removida por escovamento e lavagem ou por jato de areia antes da nova camada de concreto ser lançada. A exsudação é também um fator importante no aumento das fissuras de retração plástica.

Considerando o texto apresentado, realize as associações:

- | | |
|--|---|
| 1. Retração plástica | A. Não será possível após o concreto ter segregado. |
| 2. Exsudação | B. É um tipo de segregação. |
| 3. Reduzir a tendência à segregação | C. É provocada pela rápida evaporação da umidade da superfície. |
| 4. Perfeita compactação da mistura de concreto | D. Forma camada de nata porosa no concreto. |
| 5. Excesso de vibração do concreto | E. É essencial para atingir o potencial máximo da resistência. |

Assinale a alternativa que apresenta as associações corretamente.

- a) 1-B; 2-E; 3-D; 4-C; 5-A.
- b) 1-D; 2-A; 3-E; 4-C; 5-B.
- c) 1-C; 2-D; 3-E; 4-A; 5-B.
- d) 1-A; 2-B; 3-D; 4-C; 5-E.
- e) 1-C; 2-B; 3-E; 4-A; 5-D.

3. Na empresa de pré-fabricado que você está estagiando, como não havia um setor dedicado ao desenvolvimento de tecnologia do concreto, muitas atividades eram feitas com base em experiências anteriores, sem uma análise crítica dos procedimentos adotados. Dessa forma, você identificou que empresa tem trabalhado, atualmente, com três misturas de concreto (dosagem) diferentes, para a aplicação em uma mesma tipologia de peça de concreto. Você precisará avaliar as misturas de concreto para o fim desejado e, para tanto, terá de analisá-las. Importante ressaltar que nas três misturas desenvolvidas pela empresa são utilizados os mesmos materiais, ou seja, os

materiais são do mesmo tipo e do mesmo fornecedor. Observou-se ainda que, quando aplicadas, as três misturas de concreto fresco, em massa, são perfeitamente compactadas.

Conforme o Quadro 1.1, as misturas são:

Quadro 1.1 | Apresentação de três traços de concreto fresco, perfeitamente compactados

Misturas	I	II	III
Cimento	1	1	1
Areia	2	1	3
Brita	3	2	4
% de água	10	10	10

Fonte: elaborado pela autora.

Obs.: % de água em relação aos materiais secos.

Assinale a alternativa correta que apresenta as misturas em ordem, de forma a mostrar a característica de trabalhabilidade de cada uma, ou seja, uma ordem da mistura mais trabalhável para a menos trabalhável.

- a) I, II e III.
- b) I, III e II.
- c) III, I e II.
- d) III, II e I.
- e) II, III e I.

Seção 1.2

Aditivos, adições e estudo da dosagem

Diálogo aberto

Na seção anterior, você foi inserido no universo do concreto. Pôde perceber como suas propriedades no estado fresco e endurecido impactaram o dia a dia no seu estágio, entendendo, ainda, questões relevantes sobre a durabilidade desse material. Nesta seção, você terá mais um desafio importante em seu estágio na empresa de pré-moldados. Como mencionado anteriormente, toda a tecnologia do concreto empregada na empresa está sendo revista a pedido de seus novos acionistas, dessa forma, há muito a ser feito. A área comercial da empresa também passou por reestruturação e tem se empenhado em assinar contratos de obras mais desafiadoras, com a necessidade de produção de peças com mais esbeltez, porém mais carregadas e, portanto, com armadura mais densa. Assim, a sua equipe e você terão de desenvolver dosagens de concreto que apresentem um padrão de qualidade bem estabelecido. Importante ressaltar que o galpão da fábrica, onde são produzidas as misturas de concreto e lançadas nas peças, não apresenta uma boa proteção contra as ações do clima e você sabe que o concreto é suscetível às mudanças climáticas. O galpão, como de muitas empresas de pré-fabricados, apresenta apenas uma cobertura sobre as pistas de concretagem, conforme o exemplo da imagem a seguir.

Figura 1.7 | Exemplo de uma indústria de pré-fabricado de concreto



Fonte: <<http://www.reatimpremoldados.com.br/site/wp-content/uploads/fabrica-pre-moldados-sc-8.jpg>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

Nesta seção, você conhecerá conceitos que lhe permitirão entender como aditivos e adições interferem na dosagem do concreto. Então, considerando as características físicas da empresa e as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, esta semana, você terá de entender como os aditivos e as adições deverão ser utilizados para garantir que você e sua equipe possam atender às novas demandas tecnológicas exigidas pelos novos contratos fechados pela equipe comercial. Assim, é importante responder a algumas questões, como: por que utilizamos aditivos e/ou adições no concreto? Quais são os tipos de aditivos e adições para concreto? Qual é a diferença entre os aditivos e as adições para concreto? Aditivos dependem do que para serem eficazes? Como podemos desenvolver uma dosagem de concreto?

Portanto, lembre-se: é importante que você entenda os conceitos por trás da teoria apresentada, de forma que possa aplicá-los quando lhe for exigido.

Vamos ao trabalho?

Não pode faltar

Aditivos e adições para concretos

Os materiais componentes do concreto são: cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo e água. Com o avanço da tecnologia, tem-se adicionado, frequentemente, outros constituintes ao concreto, como aditivos e adições, destinados a melhorar ou conferir propriedades especiais à mistura, tais como impermeabilidade da massa, diminuição do calor de hidratação, aumento da durabilidade, maior plasticidade quando no estado fresco, rápido aumento de resistência quando endurecido, entre tantas outras características. Pode-se ainda citar outras razões para se incorporar os aditivos e as adições ao concreto, por exemplo: reduções de custo na produção do concreto, proporcionar condições de operações emergenciais ou especiais ou produzir concretos de qualidade mesmo em condições climáticas adversas e, portanto, garantindo um padrão de produção, de transporte, lançamento e cura da mistura.

A NBR 11768 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL, 2011) – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Requisitos – classifica alguns dos tipos de aditivos por tipo e finalidade, como mostra o quadro a seguir:

Quadro 1.2 | Tipos e finalidades de aditivos para concreto

Tipo	Finalidade
PN	Plastificante ou redutor de água (mínimo 5% de redução).
PR	Plastificante e retardador do tempo de pega.
PA	Plastificante e acelerador do tempo de pega.
SP - I N	Superplastificante tipo I (mínimo 12% de redução de água).
SP - I R	Superplastificante I e retardador do tempo de pega.
SP - I A	Superplastificante I e acelerador do tempo de pega.
SP - II N	Superplastificante tipo II (mínimo 20% de redução de água).
SP - II R	Superplastificante II e retardador do tempo de pega.
SP - II A	Superplastificante II e acelerador do tempo de pega.
AP	Acelerador do tempo de pega.
RP	Retardador do tempo de pega.
IA	Incorporador de ar.
AR	Acelerador de resistência.

Fonte: adaptado de NBR 11768 (ABNT, 2011, p. 4-5).

Sabe-se de outras nomenclaturas, adotadas pelo mercado usualmente, como os **aditivos multifuncionais ou polifuncionais**, que reduzem água e/ou imprimem maior trabalhabilidade à mistura, normalmente, acrescentados em dosagens maiores do que aos plastificantes convencionais. Já os aditivos **hiperplastificantes** permitem redução de água a níveis superiores aos superplastificantes tipo II. Outros aditivos que podemos mencionar como exemplo são aditivos modificadores de viscosidade; inibidores de corrosão; redutores e compensadores de retração por secagem; entre outros.

Para apresentar de forma reduzida e mais clara os efeitos desejados com a aplicação dos principais aditivos utilizados no mercado, segue o Quadro 1.3:

Quadro 1.3 | Quadro simplificado dos tipos de aditivos para concreto e os efeitos desejados com a sua aplicação

Tipo de aditivo	Efeito desejado
Plastificantes ou Redutores de água ou Superplastificantes tipo I ou II	Aumentar a fluidez do concreto. Reduzir a relação água/cimento.
Acelerador	Acelerar a pega e o desenvolvimento da resistência nas primeiras idades.
Retardadores	Retardar o tempo de pega.
Incorporador de ar	Aumentar a durabilidade em meios de gelo-degelo, anticongelantes, sulfatos, álcalis-reativo, melhorar a trabalhabilidade.
Acelerador de resistência	Promover o desenvolvimento das resistências iniciais sem influenciar negativamente as resistências finais e o início de pega do concreto.

Fonte: adaptado de NBR 11768 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL, 2011, p. 4-12).

Para um leigo, aditivos e adições podem apresentar diferenças muito sutis, o que pode levar a confusões ao se classificar esses materiais, mas normalmente as adições são acrescentadas ao concreto em quantidade muito superior a dos aditivos. Como exemplos comuns de adições para concreto, pode-se citar: escórias de alto-forno, pozolanas, cinzas volantes, sílica ativa e fileres calcários, entre outros minerais. Da mesma forma que aditivos são utilizados para melhorar as características do concreto, as adições têm a característica de aprimorar o desempenho da mistura.



Veja a resposta do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) ao seguinte questionamento: qual é a diferença, na prática, entre aditivos e adições para concreto? Qual é a função de cada um?

Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/221/qual-a-diferenca-na-pratica-entre-aditivos-e-adicoes-para-362358-1.aspx>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

Geralmente, as adições são subprodutos provenientes da indústria e, portanto, além de provocarem ganhos do ponto de vista técnico, melhorando as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido, promovem ganhos do ponto de vista ambiental, já que o seu uso possibilita um destino mais “nobre” para certos resíduos da indústria.

As adições minerais são adicionadas ao concreto como adição ou substituição parcial do cimento Portland. Normalmente, a quantidade de adição é estabelecida de forma experimental, garantindo que se obtenha o efeito desejado no concreto, já que teores muito altos ou muito baixos podem promover efeitos indesejáveis ou não causar ganhos significativos ao desempenho da mistura. Importante ressaltar que as adições minerais reagem de formas diferentes aos diferentes tipos de constituintes do concreto, em particular, para diferentes tipos de cimentos.

Do ponto de vista de segregação e exsudação das misturas de concreto, podemos citar que o uso das cinzas volantes, geralmente, promovem menos exsudação e segregação do que os concretos sem adições, ou seja, é importante notar que, para concretos, particularmente, com deficiência de finos, o uso dessa adição, assim como da escória moída mais fina que o cimento, reduz os níveis de exsudação, embora o uso de escórias com finura semelhante ao cimento ampliem os níveis de exsudação. Já a sílica ativa apresenta-se extremamente eficaz na diminuição da exsudação e da segregação, ou seja, o emprego da sílica ativa pode permitir a produção de concretos mais fluidos.

Dosagem do concreto

A dosagem de um concreto é a proporcionalidade entre os materiais constituintes, de forma a se obter uma mistura que atenda

às necessidades de seu uso da maneira mais econômica possível. São várias as técnicas publicadas que nos orientam na hora de se dosar um concreto. Os métodos tradicionalmente adotados são: o método de dosagem INT (Instituto Nacional de Tecnologia), o método de dosagem ITERS (Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul) e o método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Você terá de pesquisar mais para entender a aplicação desses métodos ou outros propostos especialmente para concretos autoadensáveis, por exemplo.



Pesquise mais

Leia os seguintes capítulos do livro de Isaia, *Concreto: ciência e tecnologia*:

- 12.1 - sobre a dosagem do concreto.
- 12.3 - sobre definições e terminologia: resistência média de dosagem.
- 12.4 - referente às leis clássicas da tecnologia do concreto.
- 12.5 - sobre procedimento de dosagem experimental: Método IBRACON.
- 12.6 - sobre construção do diagrama de dosagem.

TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo. Dosagem dos Concretos. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. 2 v. p. 415-451.



Exemplificando

Uma dosagem de concreto é expressa pela proporção entre os materiais, ou seja, o traço do concreto, conforme o exemplo a seguir:

1,0 : 2,6 : 2,8 : 0,5: (cimento: areia: brita: água)

Todos os materiais estão expressos em relação ao cimento, ou seja, nesse exemplo, se você estiver trabalhando sem balança, a melhor forma é definir a quantidade de concreto a ser produzido pela quantidade de sacos de cimento, já que não é indicado medir o cimento por volume.

Assim, considerando um saco de cimento de 50 kg (quantidade de cimento em um saco padrão), para o exemplo apresentado, você terá as seguintes quantidades de materiais em massa (kg):

50: 130: 140: 25 (cimento: areia: brita: água)

Lembrando que a água é expressa em litro ou metro cúbico, ou seja, em volume. A massa específica da água é 1000 kg/m³.



Dica

A curva de Abrams é um gráfico que correlaciona a resistência à compressão de um determinado concreto com a relação água/cimento (a/c) e pode-se obter dados de referência em ábacos disponíveis ou, ainda, solicitar ao seu fornecedor do cimento.

Do ponto de vista prático, podemos dizer que a dosagem experimental significa romper corpos-de-prova de traços diferentes e interpolar os resultados de forma a obter o traço que nos forneça as propriedades necessárias para a sua aplicação (geralmente, resistência média).

Para simplificar o entendimento, vamos resumir em quatro passos.

1º Passo

Fixar a relação água/cimento (x) em função de:

a) resistência à compressão desejada do concreto (f_{c28}) utilizando-se de uma **curva de Abrams**.

b) durabilidade do concreto diante das condições de exposição. Ver as tabelas 2, 3 e 4, da ABNT NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL, 2014).

Adota-se o menor dos dois valores de x .

2º Passo

Determinação da quantidade de agregados na mistura (m_i) para o traço piloto.

Conhecido o a/c e determinado o teor de água/materiais secos H (%), calcula-se o traço inicial utilizando-se a relação: $m_i = (100 \cdot x/H) - 1$.



Dica

O teor de água/materiais secos H (%) pode ser obtido experimentalmente ou através de tabelas de referência, como a seguir:

Quadro 1.4 | Valores iniciais de H (%)

Dimensão máxima característica (mm)	Adensamento	
	Manual	Vibratório
9,5	11%	10%
19	10%	9,0%
25	9,5%	8,5%
38	9,0%	8,0%
50	8,5%	7,5%

Fonte: Petrucci (1995, p. 136).

3º Passo

Determinação da proporcionalidade entre os agregados, ou seja, desdobramento de m_i (agregados) em a_i (agregado miúdo) e p_i (agregado graúdo), ou seja, p_i .

O traço poderá ser desdobrado através de misturas experimentais em laboratório (Método ITERS) ou situando a curva granulométrica do concreto dentro de uma faixa de granulometria ótima (Método INT) ou, ainda, através de um módulo de finura ótima para o concreto etc.

4º Passo

Verificação e ajuste final do traço.

Molda-se uma série de corpos de prova (mínimo 3), com o traço desdobrado anteriormente, e mais, pelo menos, duas séries de corpos de prova. Uma série com o traço mais rico em cimento, maior consumo (1: $m_i - 1$) e outra série com um traço mais pobre (1: $m_i + 1$) do que o traço piloto, seguindo as mesmas proporções deste (teor de água/materiais secos H (%) e proporção entre os agregados).

Com os resultados dos ensaios de compressão desses corpos de prova, traça-se uma curva de dependência da resistência do concreto (f_{c28}) contra a relação água/cimento (x), ou seja, a curva de Abrams efetiva para os materiais usados, o que lhe permitirá obter a proporção efetiva entre os materiais.



Assimile

Considerando que você garantiu a qualidade dos materiais constituintes do concreto que irá empregar, o próximo desafio é misturá-lo em proporções adequadas (dosagem do concreto). Aqui, é importante lembrar que a tecnologia do concreto está fundamentada na relação entre a água empregada e os materiais secos (teor de água sobre os materiais secos), ou seja, está fundamentada na relação água/cimento (a/c).



Refleta

Considerando que o concreto é um dos materiais de construção mais utilizados no mundo e que a produção de cimento é responsável por indicadores negativos importantes sobre a emissão CO_2 na atmosfera, faz-se necessário refletir sobre questões de sustentabilidade ambiental desses materiais. São muitos os artigos e trabalhos realizados a respeito

desse tema, considerando substituir partes constituintes normais do concreto por materiais recicláveis, buscando alternativas para a produção do cimento de forma "mais limpa", pensando em formas de diminuir o consumo do cimento na dosagem do concreto, ou seja, é de responsabilidade de qualquer agente da construção, assim como você, utilizar o cimento de forma eficaz. Considerando-se utilizar concreto com alto desempenho, por exemplo, você poderá reduzir o tamanho da estrutura e, portanto, diminuir a quantidade de material empregado, ter mais área útil na edificação, diminuir a quantidade de água e energia utilizada, ou seja, é importante ter domínio das técnicas de dosagem do concreto e das soluções de mercado para que você possa tomar decisões que possam impactar tanto a economia da obra como a sua sustentabilidade ambiental.

Sem medo de errar

Os desafios de seu novo estágio não são fáceis. No entanto, Mas a empresa está em renovação total, o que representa mais uma oportunidade para você despontar mostrando os resultados de todo o seu empenho e dedicação. Após nos aplicarmos nesta seção, podemos resgatar o nosso desafio, que é entender como o uso correto de aditivos e adições permitirá desenvolver dosagens de concretos que possam ser aplicados em peças com altas taxas de armadura e que sejam mantidos ou ampliados os seus níveis de resistência à compressão, já que se exige a produção de peças com mais esbeltez, conforme os novos contratos da empresa.

O uso de aditivos superplastificantes permite a produção de concretos mais fluídos ou até autoadensáveis, ou seja, que dispensam o uso de vibradores para o seu adensamento, portanto, será possível realizar a aplicação do concreto em peças (vigas e pilares) com alta taxa de armadura. Com um comportamento similar ao dos aditivos plastificantes, podem possibilitar a redução de mais de 20% na quantidade de água da mistura, ou seja, dependendo do teor de aditivo utilizado, pode-se garantir um aumento significativo na resistência à compressão do concreto, já que a relação água/cimento sofrerá drástica diminuição. É importante ressaltar que, para não haver segregação da mistura ou falta de coesão, é necessário aumentar o teor

de materiais finos (possivelmente, com o uso de adições), garantindo que os materiais constituintes do concreto não se separem. Fazendo uso de aditivos e adições da maneira correta e realizando dosagens experimentais comprovadamente eficazes, você conseguirá produzir um concreto mais fluido e mais resistente, além de estar, também, desenvolvendo misturas que permitirão maior durabilidade ao concreto, já que serão, por consequência, misturas mais impermeáveis, ou seja, as especificações das características do concreto e o controle de concretagem permitem a você e à sua equipe a tomada de decisões mais acertadas diante dos novos desafios impostos.

Avançando na prática

Atendimento técnico

Descrição da situação-problema

Você trabalha como representante comercial de uma empresa que produz aditivos e adições para concreto e tem visitado vários clientes com exigências distintas. Entretanto, essa semana, você se deparou com um caso atípico: atendeu uma empresa que promove manutenção de câmaras-frias produzidas em concreto, para o acondicionamento de produtos alimentícios. Essas câmaras trabalham em temperaturas inferiores a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, invariavelmente, precisam ser desligadas para a realização da limpeza do ambiente, portanto, o concreto das paredes sofre, constantemente, o processo de gelo e degelo, levando a apresentar fissuras e trincas por toda extensão de concreto delas. Considerando o caso apresentado, qual sugestão você daria para o seu cliente?

Resolução da situação-problema

Primeiramente, as câmaras-frias precisam ser reformadas e, desta vez, precisam de um concreto que apresente durabilidade diante do notório processo de gelo e degelo que vêm sofrendo. Se você observar os tipos de aditivos presentes no mercado, será natural escolher o uso de um aditivo incorporador de ar para aplicar na elaboração da dosagem do concreto a ser utilizado na reforma, considerando que

concretos expostos à ação de gelo e degelo tendem a se degradar em razão do surgimento de pressão hidrostática internamente. A explicação é simples: quando a água congela, expande-se e, portanto, a água presente internamente no concreto apresenta elevada pressão, promovendo o surgimento de fissuras no concreto.

O que pode ser menos óbvio, é que a durabilidade desse concreto pode ser obtida do desenvolvimento de um concreto muito coeso, pouco permeável e de alta resistência à compressão, resultado da redução significativa das porosidades da zona de transição (interface entre o grão de agregado e a matriz de pasta), resultado, por exemplo, do uso de adições adequadas, permitindo uma dosagem eficaz do concreto.

Faça valer a pena

1. Encontrar a quantidade ideal de aditivo para uma mistura de concreto não é uma tarefa simples, já que para isso é necessário realizar análises considerando os diversos tipos de materiais que podem ser empregados na produção de um concreto. A caracterização adequada dos materiais e o entendimento das características do aditivo a ser empregado, como sua base química, são fundamentais para a correta aplicação do aditivo. Em aditivos superplastificantes, podemos citar como matérias-primas, comumente utilizadas, os lignosulfonatos, naftalenos e policarboxilatos. Assinale a alternativa correta que representa o que se objetiva obter, em primeira análise, com o uso de aditivos superplastificantes em concretos.

- a) Redução do consumo de água em, no máximo, 20%.
- b) Aumento da fluidez e pega retardada.
- c) Redução da relação água/cimento e consequente ganho de resistência à compressão.
- d) Relação água/cimento aumentada e aumento de trabalhabilidade.
- e) Redução de consumo de água de, no mínimo, 5% e pega acelerada.

2. Segundo Pinto (2006), o objetivo principal do aditivo é proporcionar ao concreto propriedades que, sem ele, não seriam possíveis de se alcançar. Não é raro especialistas compararem aditivos para concretos a remédios, pois, se dosados de forma incorreta, podem prejudicar a “saúde” do concreto.

Assinale a alternativa que descreve do que o aditivo NÃO depende para ser eficaz em uma dosagem de concreto.

- a) Tipo, composição e quantidade de materiais cimentantes.
- b) Forma, granulometria e proporção dos agregados.
- c) Tempo de mistura e abatimento (*slump test*) do concreto.
- d) Custos e forma de transporte dos materiais constituintes.
- e) Consumo de água e temperatura do concreto.

3. Geralmente, busca-se obter os melhores resultados de resistência à compressão de uma mistura de concreto. Considere que as três misturas do quadro a seguir sejam perfeitamente coesas e apresentem uma boa trabalhabilidade.

Quadro 1.5 | Apresentação de três traços de concreto, perfeitamente coesas e de boa trabalhabilidade

Mistura	I	II	III
Cimento	1	1	1
Areia	2	2	2
Britas	3	3	3
Água	8%	10%	9%
Aditivo superplastificante	1,5%	0,5%	1%

Fonte: elaborada pelo autor.

Obs.: % de água em relação aos materiais secos.
% de aditivos sobre o peso do cimento.

Assine a alternativa correta que melhor descreve as características das misturas apresentadas.

- a) A mistura I é mais trabalhável e menos resistente do que a mistura II.
- b) A mistura I é a mistura mais resistente e menos trabalhável.
- c) A mistura II é menos trabalhável e menos resistente do que as demais.
- d) A mistura III é a mistura menos resistente e mais trabalhável.
- e) A mistura II é menos trabalhável e menos resistente do que a mistura III.

Seção 1.3

Mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto

Diálogo aberto

Olá! Mais uma vez, vamos aprender um pouco mais sobre a tecnologia do concreto? Na seção anterior, você entendeu que a dosagem de um concreto é um processo tecnológico a ser estudado com rigor e que aditivos e adições são responsáveis pela grande evolução que o concreto passou nos últimos anos. Desse modo, nesta seção você será provocado a se desafiar ainda mais, afinal, o seu sonho de se tornar um engenheiro civil está cada dia mais próximo.

A pré-fabricação de peças de concreto permitiu grande desenvolvimento da indústria da construção, advindo dos novos processos estabelecidos, mais modernos e com grande gestão industrial. Você não pode ficar por fora dessas técnicas, portanto, cada passo do processo produtivo pode ser analisado do ponto de vista dos materiais utilizados, da qualificação da mão de obra, da definição de fornecedores e, portanto, permitir construções mais eficientes e seguras. São profissionais como você que permitirão que a evolução contínua perdure.

Como a sua equipe tem apresentado resultados positivos no incremento da qualidade das peças pré-fabricadas da empresa em que você está estagiando, uma nova tarefa lhe foi atribuída. Considerando que houve aprimoramento nas dosagens dos concretos produzidos, fazendo uso de aditivos e adições, agora, o objetivo é entender como podemos aperfeiçoar o processo de concretagem das peças levando em conta as etapas de mistura, o transporte, o lançamento, o adensamento e a cura do concreto. Assim, considerando as etapas descritas, como você poderá aprimorar as propriedades do concreto endurecido? Como aumentar a resistência? Como evitar "bicheiras" (vazios) nas peças? Como impedir a exsudação e a segregação do concreto?

Bons estudos!

Não pode faltar

Alguns cuidados durante a concretagem são fundamentais para garantir a qualidade do concreto aplicado. Com frequência, no Brasil, ao final de uma concretagem, é promovida uma comemoração para toda a equipe. Você já se perguntou o porquê desse costume? Pois é, essas poucas horas de cuidados responderão pela longa vida do concreto. Então, nada mais justo do que comemorar esse processo tão importante, não é mesmo?

Você deverá se preocupar, minimamente, com os cuidados das seguintes fases para garantir uma concretagem de sucesso: definição da equipe, mistura, transporte, lançamento, adensamento, acabamento e cura do concreto. Vamos entender um pouquinho mais sobre cada uma dessas fases?

Definição da equipe

Embora seja uma etapa um pouco negligenciada, pois é comum não se preocupar com definição da equipe de concretagem, essa é uma fase fundamental. No geral, todo mundo que trabalha na obra está automaticamente envolvido no processo, o que pode, muitas vezes, ser um erro, já que a falta de organização das funções e tarefas promove uma concretagem confusa e tumultuada.

Portanto, definir a equipe de concretagem deve ser uma etapa de planejamento, que precisa considerar os recursos humanos disponíveis e necessários (número de pessoas) e ainda os papéis e as responsabilidades dos membros da equipe de acordo com os desafios da obra.

Mistura

Comumente, a mistura do concreto é produzida em obra ou por meio de central de concreto. Em obra, pode-se fazer uso de enxada ou de betoneira. A mistura manual, feita por meio da enxada, é muito rudimentar, já que não é eficiente e promove o descontrole nas quantidades dos materiais utilizados, e o que se pode observar na prática é que são produzidos concretos “a gosto” do operário e, portanto, sem qualquer controle de qualidade. Já a betoneira permite produzir concretos com controle de qualidade. Mesmo assim, o que

se observa são concretos produzidos com pouca eficiência, baixa durabilidade e resistência. Sem falar na baixa produtividade.

O concreto produzido em central (concreteira ou concreto usinado) permite um número menor de operários na concretagem, menor desperdício de material, maior produtividade e, ainda, tem de ser garantido pelo fornecedor.

Uma central dosadora apenas pesa os materiais, de acordo com o traço estabelecido, e a mistura fica por conta do caminhão betoneira. As centrais misturadoras pesam e misturam o material, ou seja, o caminhão betoneira é apenas responsável pelo transporte do concreto até a obra. As centrais dosadoras são mais comuns no Brasil.



Refleta

O que é melhor? Concreto produzido em obra ou concreto usinado?

Leia o artigo "Concreto dosado em central", de Gisele C. Cichinelli, e tire suas conclusões. Disponível em:

<<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/155/artigo313030-1.aspx>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

Transporte

Como cada vez mais o concreto é dosado em central, devido ao ganho de qualidade e custo-benefício, é importante que você saiba que a NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL, 2012) define que a entrega do concreto ocorra no tempo máximo de 150 minutos (90 minutos para o transporte até a obra, 30 minutos para o início da descarga do concreto e mais 30 minutos para lançar e adensar).

Segundo Mayor (2013), em entrevista para o site Massa Cinzenta, quando existe trânsito intenso até o local da obra, as concreteiras têm conduzido a situação de duas formas. "Uma delas é modificar o concreto com aditivos, para que ele permaneça com a trabalhabilidade adequada e tenha retardado o tempo de início de pega. Outra frente é solicitar permissões específicas aos organismos de trânsito para que os caminhões possam circular com menos restrições".

Considerando que são, aproximadamente, 60 minutos da descarrega do concreto ao adensamento, conhecer as formas

de transporte e sua capacidade produtiva torna-se extremamente necessário. Normalmente, o transporte do concreto na obra é feito de forma horizontal, por meio de carrinhos de mão ou girica, direto do caminhão betoneira; e de forma horizontal e vertical, frequentemente, por meio de guas, caçambas e bombas de concreto (bomba lança), embora existam outros modos.

Carrinho de mão e girica diferem por sua capacidade de carregamento. Com o uso desses equipamentos é fundamental estudar antecipadamente a distância entre o local no qual ficará o caminhão betoneira e a peça a ser concretada, pois longas distâncias, com grande trepidação da mistura, podem levar os concretos à segregação. O concreto bombeado (uso de tubulações e magotes) tem uma capacidade produtiva maior do que o concreto transportado com grua.



Pesquise mais

Você sabia que o arranha-céu mais alto do mundo, o Burj Khalifa, inaugurado em 2010, bombeou concreto a 605 metros de altura? Já imaginou?

Concretos bombeados precisam ter alta trabalhabilidade (mais fluido e maior teor de argamassa) para evitar que o concreto não consiga fluir, podendo levar ao entupimento das tubulações.

As bombas para concreto mais comumente encontradas no mercado são: autobomba, bomba estacionária (reboque) e caminhão bomba lança.



Pesquise mais

Veja, no artigo "Logística concreta", da revista *Téchne*, o que o engenheiro deve conhecer do processo de transporte de concreto. Essas informações o ajudarão a fazer um planejamento otimizado para que o material chegue às formas nas melhores condições. Disponível em:

<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/114/artigo286016-1.aspx>>.
Acesso em: 15 nov. 2017.

Ao se realizar o pedido do concreto, normalmente, solicita-se: a quantidade de concreto em metro cúbico, a resistência característica (f_{ck}), a consistência (*slump test*) desejada, informa-se o diâmetro máximo do agregado graúdo e o tipo de lançamento (carrinho, grua etc.).

Pode-se, ainda, dependendo da condição da obra, requerer a relação água/cimento da mistura ou exigir o valor máximo, por exemplo, relação água/cimento máxima de 0,45. Outras especificações podem ser solicitadas, como: consumo de cimento, cor do concreto, teor de ar incorporado, tipo e marca de cimento e, caso necessário, o engenheiro pode especificar o traço.

Para receber o concreto, deve-se conferir se a nota fiscal que acompanha o caminhão está com as informações corretas, como: especificação *slump* (abatimento), volume pedido, resistência solicitada (f_{ck}) e outras características pedidas. Também deve-se verificar se o caminhão veio lacrado e, finalmente, realizar o ensaio do *slump test* para confrontar com o solicitado.

Lançamento

Durante o lançamento do concreto, alguns procedimentos são fundamentais. Por exemplo, quando a obra estiver utilizando fôrmas de madeira para produzir a estrutura, precisa-se molhá-las antes do lançamento, evitando, assim, que a madeira seca retire a água da mistura do concreto, o que prejudicaria sensivelmente o processo de cura do concreto e, portanto, afetaria sua resistência final. Outra preocupação que se deve ter em relação às fôrmas é mantê-las limpas, principalmente, dentro das peças (pilares, vigas), pois a sujeira produzida pelo processo de montagem das fôrmas ou por falta de cuidado dos operários (restos de comida, cigarro etc.) podem prejudicar o endurecimento do concreto, causar diminuição da seção da estrutura, provocar falta de aderência entre o aço e o concreto, entre outros problemas.

Como mencionado anteriormente, é necessário que sejam definidos os caminhos para o transporte e lançamento do concreto, permitindo, assim, evitar danificar as instalações e otimizar a logística de lançamento.

Quando houver grande volume de concreto a ser lançado, ou por outras razões houver a necessidade de parar a concretagem, sem concluir o preenchimento total da peça (formação de junta), deve-se planejar os locais de parada, evitando locais em que a peça seja muito solicitada estruturalmente e avaliar a necessidade de se aplicar adesivo estrutural na junta.

Adensamento

Para se adensar o concreto, existem vários métodos, sendo os processos mais usuais: manual ou vibratório. Os mais incomuns são: centrifugação, a vácuo, martelo pneumático etc.

O processo manual de adensamento é realizado aplicando-se diversas vezes uma haste ao concreto recém-lançado. Trata-se de um procedimento que demanda experiência, habilidade do operário e só pode ser realizado em serviços de pequeno porte, com peças de espessura máxima de 20 cm, portanto, apresenta baixa eficiência. Para o adensamento manual, o concreto precisa ter uma boa consistência, ou seja, abatimento, medido pelo *slump test*, superior a 50 mm.

O adensamento mecânico é realizado por vibrados de agulhas (existem vários modelos). Antes de trabalhar com esse equipamento, a equipe de concretagem deverá:

- Verificar se é adequado ao tipo de concretagem;
- Aplicá-lo em camadas de 40 cm a 50 cm, em peças de grandes espessuras.
- Aplicar do fundo da forma para a superfície, de maneira que a vibração se estenda a partir da cabeça, não abaixo da ponta da cabeça.
- Quando uma superfície plana for obtida na posição aplicada, introduzi-lo em intervalos regulares (consultar com o fabricante do equipamento as distâncias de aplicação).
- Observar a ação da vibração e verificar o raio de influência, de modo a sempre possibilitar a sobreposição das camadas vibradas. Inserir, no mínimo, 15 cm da agulha do vibrador no concreto por camada para eliminar a possibilidade de juntas frias.

- Deixar a cabeça da agulha submersa no concreto.
- Manter o vibrador na mesma posição de 5 a 15 segundos, dependendo das características da mistura e do equipamento.
- Utilizá-lo sempre com a agulha na posição vertical (no máximo, 45°).
- Não puxar o motor de acionamento e nem dobrar a mangueira do vibrador.
- Não usar o vibrador para espalhar o concreto.
- Manter distância da agulha das fôrmas e da armadura das peças.



Dica

Não vibre demais o concreto, pois você estará promovendo a segregação da mistura. Por outro lado, pouca vibração não provocará a consolidação da mistura e não permitirá a saída do ar retido na mistura. Lembre-se de que no momento que as bolhas de ar começarem a surgir na superfície, deve-se parar o processo de vibração.

Uma boa prática é ter sempre um vibrador de reserva na obra, limpo e em boas condições de uso.



Exemplificando

Um bom adensamento do concreto, principalmente, evita os vazios na peça concretada ("bicheiras"). Por exemplo, quando você for realizar a concretagem de um pilar e outras peças, tenha o cuidado de verificar, minimamente:

- Se o concreto não será lançado com uma altura de queda maior do que dois metros de altura. Caso contrário, pode-se abrir uma "janela" na fôrma ou utilizar uma canaleta ou calha para conduzir o concreto.
- A concentração de armadura na peça. Caso ela seja muito alta, pedir uma revisão do cálculo estrutural ou fazer uso de um concreto autoadensável, por exemplo.

- O processo de vibração, conforme apresentado nesta seção.
- Se o diâmetro máximo do agregado é compatível com fôrmas e armaduras.
- A estanqueidade das fôrmas.
- A coesão do traço (grandes diferenças de densidade dos agregados ou excesso de agregado graúdo).

Acabamento

São vários os equipamentos utilizados para proporcionar o acabamento de concretos e existem vários tipos de acabamentos possíveis, ou seja, deve-se adequar o equipamento ao acabamento desejado.

O processo manual faz uso de desempenadeiras metálicas (acabamento liso) ou de madeira (acabamento rugoso). Já para o processo mecanizado, temos: rolos assentadores de agregados, rodo *float*, alisadora de piso (outros nomes: bailarina, helicóptero, bambolê, alisadora para concreto e acabadora de concreto), entre outros.

Como engenheiro, você deve ter em mente que o traço de concreto com abatimento elevado tende a promover segregação e exsudação da mistura, se não houver uma boa coesão.



Vocabulário

Float: é uma palavra inglesa que significa flutuar. No contexto do nosso estudo, temos, por exemplo, rodo *float*, que seria rodo de flutuar, ou melhor traduzindo, rodo de espalhar.

Cura

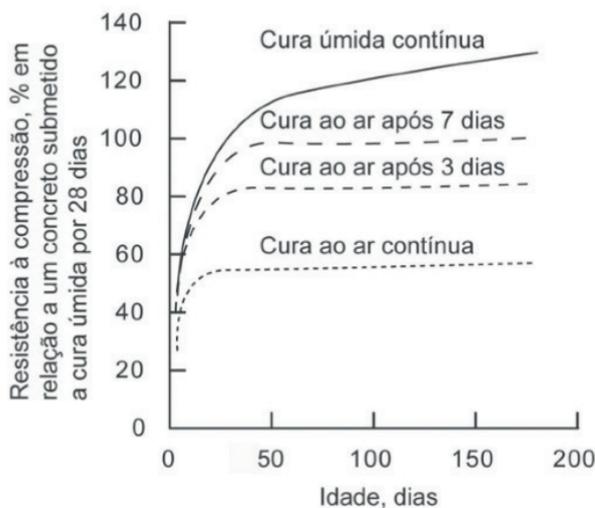
Você já se perguntou por que se “rega” o concreto aplicado em lajes? Diferentemente do que um leigo pode interpretar, a cura não é do concreto, mas sim um processo de controle de tempo, temperatura e umidade (evitar perda de água para o ambiente) imposto ao concreto, logo após o seu lançamento, adensamento e acabamento.

É imperativo que você entenda que, para um determinado concreto, quanto maior o período de cura úmida, maior será a sua resistência, se a hidratação das partículas de cimento continuar a ocorrer. Complementando o que você estudou na seção anterior: a resistência

à compressão do concreto é fundamentada na relação água/cimento e na função do grau de hidratação do cimento.

A influência da umidade de cura sobre a resistência do concreto é evidente a partir dos dados da Figura 1.8, os quais mostram que, depois de 180 dias, para uma dada relação água/cimento, a resistência do concreto curado sob condições continuamente úmidas foi três vezes a resistência do concreto curado continuamente no ar. Além disso, provavelmente, como resultado da microfissuração da zona de transição causada pela retração de secagem, um pequeno retrocesso da resistência ocorre em peças esbeltas de concreto curadas sob condições úmidas quando estas são submetidas à secagem ao ar. A velocidade de perda de água do concreto logo depois de seu lançamento não depende unicamente da relação superfície/volume da peça de concreto, mas também da temperatura, da umidade relativa e da velocidade do ar circundante (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Figura 1.8 | Influência da relação água/cimento e do período de cura úmida sobre a resistência do concreto



Fonte: Gonnerman e Shuman (1928 apud KOSMATKA; KERKHOFF; PANARESE, 2002).

Pode-se citar como exemplos de tipos de curas mais utilizadas a cura por molhagem, a cura química e a cura a vapor para estruturas pré-fabricadas.

A cura por molhagem acontece mantendo-se a superfície do concreto úmida. A cura química é a pulverização do produto, formando

uma película que protege o concreto de perda de água prematura. E, finalmente, a cura a vapor, que permite o aumento da temperatura, logo, acelera a reação de hidratação do cimento, permitindo a desforma rápida das peças produzidas.

Para concretos convencionais, o tempo de cura mínimo recomendável é de sete dias. Esse período deve ser alterado para mais tempo quando o traço fizer uso de cimentos compostos ou adições minerais.



Refleta

Perda de abatimento

Segundo Mehta e Monteiro (2008), sob certas circunstâncias, uma mistura de concreto com uma perda de abatimento incomum, durante a primeira meia ou uma hora de idade, pode, como consequência, dificultar ou mesmo impossibilitar as operações de mistura final, transporte, lançamento, adensamento e acabamento. Na prática, uma referência a um concreto que apresente perda de abatimento, geralmente, significa uma perda rápida e incomum de trabalhabilidade, que está além da esperada e do desempenho padrão. Deve-se notar que as medidas de abatimento são feitas antes do lançamento; entretanto, problemas operacionais podem também aparecer quando ocorrem perdas significativas de abatimento durante ou imediatamente após o lançamento. Por isso, foi sugerido que a definição do termo *perda de abatimento* seja aplicada a uma taxa incomum de enrijecimento do concreto fresco (medida ou não) que causa efeitos indesejáveis. Dessa forma, é importante que você saiba como agir durante uma concretagem. Por exemplo, como deve proceder caso, ao receber um caminhão de concreto, as especificações desejadas não forem atendidas, tais como o abatimento necessário antes e durante o lançamento?



Assimile

O planejamento da concretagem deve ser rigoroso, por isso, em obras de médio e grande porte, o engenheiro estrutural, o engenheiro construtor e o engenheiro tecnólogo, que conhecem profundamente as propriedades do concreto e do aço, unem-se para elaborar o **plano de concretagem**, o qual estabelecerá prazos e planos de retirada das fôrmas e colocação de ferragem adicional nos locais de parada forçada da concretagem na estrutura (junta de trabalho). Esse estudo se baseia na estética arquitetônica e no aspecto estrutural (ou de resistência) (FALCÃO BAUER, 2016).

Considerando as etapas de mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto, você foi desafiado, em equipe, a melhorar as características e a qualidade das peças produzidas na empresa de pré-fabricados em que você está estagiando. Nesse contexto, você precisou estudar cada um desses passos. Primeiramente, os cuidados com a mistura do concreto são fundamentais e uma solução interessante para o aprimoramento das propriedades do concreto é produzir misturas homogêneas, com o uso de equipamentos mais eficientes do que a betoneira ou o caminhão betoneira. Por exemplo, pode-se adotar misturadores planetários. Esse tipo de equipamento pode permitir até a redução do consumo de cimento no traço, devido à sua eficiência e ao menor tempo de mistura.

Quanto ao transporte, na fábrica, a maior preocupação é evitar trepidações, independentemente do equipamento utilizado, de maneira a evitar a segregação da mistura.

No lançamento, a garantia da limpeza das fôrmas, a estanqueidade delas, uma velocidade de lançamento adequada, o depósito do concreto em camadas horizontais de espessura uniforme, para evitar juntas frias, são as preocupações primordiais.

Durante o adensamento, além de uma vibração do concreto apropriada, você pode pensar em estudar traços de concretos autoadensáveis para o uso em peças com “densa” armadura. E, finalmente, promover uma cura eficaz permitirá o desenvolvimento da resistência em menor tempo, possibilitando uma desforma mais rápida. Além disso, com um processo de cura melhor e simples (lona sobre as peças) ou sofisticado (cura térmica), os traços produzidos poderão ser revistos e, possivelmente, o ganho da diminuição do consumo do cimento pode permitir maiores investimentos na fábrica. Você pode, por meio das especificações das características do concreto e do controle de concretagem, permitir o aprimoramento da indústria do concreto.

Você realmente pode fazer a diferença. Aliás, é o conhecimento que lhe permitirá transformar a si mesmo e o mundo.

A cura do concreto de baixo custo

Descrição da situação-problema

Trabalhando em uma construtora especializada na construção de obras industriais, você se deparou com uma construção de um galpão de 5000 m², o qual, neste momento, já se encontra na etapa de concretagem do piso. Esse galpão não possui fechamento lateral e o local apresenta constância de vento. Após as etapas de concretagem do piso, a construtora terá de parar a obra por sete dias e, portanto, não haverá operários disponíveis para realizar a cura. Além disso, você notou que nenhum processo de cura foi planejado em projeto e que os gastos para se realizar uma cura química, nessa etapa, são grandes e, portanto, impeditivos. Considerando essa situação, como você pode promover uma cura úmida eficiente, sem operários, após a concretagem e sem onerar demasiadamente os gastos com a obra?

Resolução da situação-problema

Promover uma cura eficaz para uma concretagem de uma área de 5000 m² não é uma tarefa fácil. Nessa situação-problema, o maior erro cometido foi não constar no planejamento da obra um processo de cura, afinal, a ausência dessa etapa poderá promover queda de resistência do concreto, agravado pelo fato de o piso estar submetido à constante presença de vento e, portanto, a uma enorme propensão a fissuras por toda a superfície.

O fato de a obra não poder contar com a mão de obra após o processo de concretagem, para promover uma cura úmida, "regando" o concreto, não é necessariamente um problema, afinal você pode realizar essa etapa de outras formas, tais como: aspergir água por meio de rega-jardins, manter uma lâmina d'água sobre a superfície e, talvez, para essa situação, o melhor método seja recobrir toda a superfície com areia, sacos de anagem, papel impermeável ou mantas, de forma a manter o piso úmido pelo mínimo de sete dias, recomendados para a cura.

Figura 1.9 | Exemplo de aplicação de manta geotêxtil para a realização de cura úmida



Fonte: <<http://www.tecnikaengenharia.com.br/files/images/processed/servicos/900x600-dad07e2a-a8bc-48d0-b81e-5dba46eace9f.jpg>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

Faça valer a pena

1. Considerando as etapas de concretagem, podemos afirmar que a velocidade de perda de água do concreto logo depois _____ não depende unicamente da relação superfície/volume da peça de concreto, mas também _____, _____ e _____.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) de seu adensamento, do ambiente, do calor, da cura.
- b) de sua mistura, do tempo, da qualificação da mão de obra, do tipo de misturador.
- c) de sua cura, da mistura, do lançamento, do adensamento.
- d) de seu acabamento, da exsudação, da segregação, das propriedades no estado endurecido.
- e) de seu lançamento, da temperatura, da umidade relativa, da velocidade do ar circundante.

2. Considere a frase a seguir: Há várias razões para se especificar limites na granulometria e na dimensão máxima dos agregados: eles afetam as proporções relativas entre os agregados, bem como o consumo de cimento e a quantidade de água de amassamento no traço, a trabalhabilidade e a facilidade de bombeamento do concreto fresco, a economia, a porosidade, a retração e a durabilidade do concreto endurecido.

Leia as afirmativas a seguir, sobre como a definição dos limites na granulometria e na dimensão máxima do agregado pode afetar uma mistura de concreto.

- I. Afeta as condições de mistura, do transporte e do lançamento do concreto.
- II. Afeta a definição da equipe de concretagem.
- III. Afeta as condições de acabamento do concreto.
- IV. Afeta a cura do concreto.
- V. Afeta as dimensões das fôrmas e a concentração das armaduras das peças.

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas as afirmativas I, III e V estão corretas.
- b) Apenas as afirmativas I, II e III estão corretas.
- c) Apenas as afirmativas II, IV e V estão corretas.
- d) Apenas as afirmativas II e V estão corretas.
- e) Apenas as afirmativas II e III estão corretas.

3. A trabalhabilidade do concreto é definida, também, como a propriedade que determina o esforço necessário para manipular uma quantidade de concreto recém-misturado com perda mínima de homogeneidade.

Considerando essa informação, analise as afirmativas a seguir:

- I. Misturas de concreto com consistência muito baixa, com coesão, tendem a dificultar o lançamento e a compactação, e o agregado graúdo pode segregar no lançamento.
- II. O fluxo de lançamento do concreto depende das propriedades reológicas do lubrificante (desformante) e do atrito interno entre as partículas de cimento.
- III. Uma dificuldade de conceituar a propriedade trabalhabilidade é o seu valor relativo, dependendo da sua fixação, das características intrínsecas dos materiais que compõem o concreto, das condições de mistura, transporte, lançamento, acabamento do material, bem como das dimensões, fôrmas e armaduras das peças a concretar.
- IV. As misturas de concreto com consistências baixas e muita coesão tendem a segregar e exsudar, portanto, afetando adversamente o acabamento.
- V. A trabalhabilidade é a facilidade com que um dado conjunto de materiais pode ser misturado para formar o concreto e, posteriormente, ser transportado e colocado com um mínimo de homogeneidade.

É correto o que se afirma em:

- a) I e III, apenas.
- b) II e V, apenas.
- c) III e V, apenas.
- d) II e IV, apenas.
- e) II e III, apenas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL. **Manual do concreto dosado em central**. 2007. p. 15-17. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

_____. **NBR 5738**. Concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 5739**. Concreto: ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 7212**. Execução de concreto dosado em central: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 11768**. Aditivos químicos para concreto de cimento Portland: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland: preparo, controle, recebimento e aceitação. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR NM 33**. Concreto: amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR NM 67**. Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

CICHINELLI, G. C. Concreto dosado em central: prazo de validade do concreto usinado torna seu fornecimento dependente de planejamento rigoroso e de uma relação de confiança com fornecedores. **Construção Mercado**. São Paulo, n. 155, jun. 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/155/artigo313030-1.aspx>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

FALCÃO BAUER, L. A. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 1.

GONNERMAN, H. F.; SHUMAN, E. C. Flexure and tension tests of plain concrete. Major Series 171, 209, and 210, Report of the Director of Research, Portland Cement Association, November 1928 apud KOSMATKA, S. H.; KERKHOFF, B.; PANARESE, W. C. **Design and control of concrete mixtures**. 14th. ed. Skokie, Illinois, USA: Cement Association, 2002.

ISAIA, G. C. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. 972 p.

_____. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. 1712 p.

KOSMATKA, S. H.; KERKHOFF, B.; PANARESE, W. C. **Design and control of concrete mixtures**. 14th. ed. Skokie, Illinois, USA: Portland Cement Association, 2002.

MARQUES FILHO, J. Concreto e o homem. **Revista Concreto e Construções**, São Paulo: IBRACON, n. 61, p. 5, jan-mar. 2011. Disponível em: <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_61.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2017.

MAYOR, A. V. Transporte do concreto requer cuidados especiais. **Massa Cinzenta**, abr. 2013. Entrevista concedida a Altair Santos. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/transporte-do-concreto-requer-cuidados-especiais/>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. 10. ed. São Paulo: Globo, 1995. 435 p.

PINI. Logística concreta. **Téchne**, São Paulo, ed. 114, set. 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/114/artigo286016-1.aspx>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

PINTO, J. P. Aditivos e adições: desempenho aditivado. **Construção Mercado**, São Paulo, n. 62, set. 2006.

UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION. **Concrete manual**: a manual for the control of concrete construction. 8. ed. Denver, CO: Bureau of reclamation, 1981.

Ensaios e controle tecnológico do concreto

Convite ao estudo

Olá, aluno!

Nesta unidade, abordaremos sobre o controle tecnológico do concreto e os critérios do controle de concretagem. A vivência diária em obras com o concreto empregado em estruturas torna imprescindível o conhecimento das características físicas desse material, bem como a forma de realização do controle do produto fornecido, de maneira a garantir a qualidade e durabilidade das estruturas de concreto.

Nesta unidade, desenvolveremos no aluno o conhecimento das propriedades do concreto, o uso dos aditivos e das adições, bem como o processo de aplicação do concreto.

Neste contexto, vamos colocar algumas situações-problema que serão passíveis de resolução com base nos conhecimentos desenvolvidos.

Supondo um caso prático, vamos imaginar que você, aluno, esteja trabalhando como engenheiro responsável pela construção de um edifício de vinte pavimentos. Na etapa atual da obra, tem-se a necessidade de realizar o controle tecnológico do concreto empregado nas estruturas da edificação. Você terá de conhecer como se determina a resistência à compressão e fornecer dados tecnológicos experimentais para que as obras sejam projetadas e executadas com segurança e durabilidade. Você também acompanhará o andamento das concretagens dos elementos estruturais (pilares, vigas e lajes). Quando for constatado algum problema, alguns questionamentos surgirão, como: qual ação tomar? Existe um possível erro de ensaio? A amostragem do concreto foi realizada de forma correta?

Convidamos você a iniciar os estudos e desenvolver esses conhecimentos sobre o concreto. Afinal, o material mais empregado na construção civil precisa ser a base do seu conhecimento. Bons estudos!

Seção 2.1

Resistência do concreto

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção, exploraremos as propriedades mecânicas do concreto, conheceremos os fatores que interferem na resistência e como realizar os ensaios de tração e compressão, bem como o cálculo desses parâmetros.

Suponha que você trabalha como engenheiro civil em uma empresa do ramo da construção, a qual está realizando uma obra de um edifício de vinte pavimentos. Na etapa atual desta obra, você recebeu a tarefa de organizar o controle tecnológico do concreto do fornecedor de concreto usinado.

Em uma inspeção diária, você recebeu a informação do encarregado da obra que os corpos de prova (CPs) de concreto moldados na última concretagem apresentaram problemas após sua desforma, sendo identificadas variações dimensionais na altura e em algumas amostras falhas de concretagem, conforme indicado na Figura 2.1.

Figura 2.1 | Imagem ilustrativa de variações dimensionais e bicheiras em corpos de prova empregados no controle do concreto



Fonte: acervo da autora.

Aluno, vamos juntos conhecer as propriedades mecânicas do concreto e descobrir a resolução desse problema identificado na obra. Para isso, é importante conhecermos os ensaios de controle que iremos desvendar neste módulo.

Não pode faltar

Antes de nos aprofundarmos sobre as características mecânicas do concreto, é importante ressaltar que a resistência à compressão é o parâmetro mais empregado para a avaliação da qualidade do concreto empregado em estruturas.

Os estudos sobre esse parâmetro associado ao desempenho de concretos, durabilidade e correlação com outros parâmetros físicos (módulo de elasticidade, tração e fluência) mostram sua importância na engenharia civil. Desta forma, vamos conhecer algumas características sobre a resistência do concreto.

Fatores que influenciam na resistência do concreto

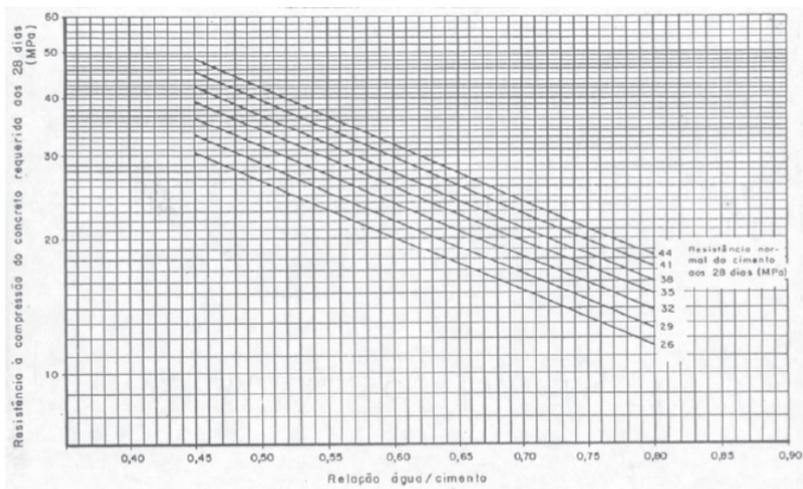
Segundo Tutikian e Andrade (2010 apud MEHTA; MONTEIRO, 2014), existe uma grande quantidade de fatores que apresentam influência na resistência mecânica do concreto, que podem ser:

- Proporcionamento dos componentes (relação água/cimento e relação agregado/cimento).
- Condições de cura e idade dos corpos de prova.
- Propriedades dos componentes (cimento, agregado aditivo e adições minerais).

Em termos de relação água/cimento, Abrams identificou uma relação inversa e exponencial entre a resistência do concreto e a sua relação a/c (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Neste estudo, verificou-se que com a redução da relação a/c ocorre um aumento da resistência mecânica do concreto, sendo conhecido como a Lei de Abrams (Figura 2.2). Contudo, existem limitações associadas à água mínima requerida para as reações de hidratação do cimento ($a/c \geq 0,38$), sendo que valores inferiores não permitem a total hidratação do cimento. Outro aspecto é o grau de adensamento, o qual, em concretos com baixo a/c , tende a ter dificuldade na

expulsão de vazios na mistura, ocasionando em possível redução de resistência.

Figura 2.2 | Gráfico da relação a/c em função das resistências do concreto aos 28 dias – curva de Abrams



Fonte: Bucher (1989 apud BOGGIO, 2000, p. 53).

Com relação à idade, a relação a/c e a resistência do concreto variam para cada tipo de cimento e para cada idade, bem como para as condições de cura (NEVILLE, 1997).



Assimile

Existem diferentes tipos de cimento Portland, compostos de forma a atender necessidades para cada tipo de aplicação. Em termos de resistência à compressão, os cimentos Portland nacionais possuem curvas específicas para cada tipo, indicada no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 | Comportamento de resistência dos cimentos em relação ao especificado em norma – resistência à compressão em MPa

Cimento	1 dia		3 dias		7 dias		28 dias	
	Norma	Média	Norma	Média	Norma	Média	Norma	Média
CP II-E-32	-	9,3	10,0	22,0	20,0	29,8	32,0	40,8
CP II-F-32	-	14,3	10,0	24,9	20,0	30,7	32,0	38,5
CP III-32	-	5,2	10,0	25,9	20,0	25,7	32,0	42,7

CP III-40	-	8,5	12,0	22,1	23,0	33,5	40,0	52,4
CP IV-32	-	12,0	10,0	21,2	20,0	27,2	32,0	38,8
CP V-ARI	14,0	25,1	24,0	35,5	34,0	41,8	-	49,8
CP V-ARI RS	17,0	20,7	24,0	34,5	34,0	41,8	-	49,8

Fonte: Battagin e Battagin (2010).

Os agregados empregados no concreto interferem de diferentes formas na resistência à compressão. A natureza do agregado, tal como natural, como seixo rolado, ou artificiais, como agregados britados, interfere diretamente na aderência do agregado à pasta e na trabalhabilidade do concreto, em que, para uma mesma relação a/c , pode-se obter concretos com diferentes comportamentos. Segundo Andrade e Tutikian (2010), agregados britados irão proporcionar aos concretos produzidos uma maior resistência (tanto compressão quanto tração) em função da ligação física existente entre o agregado e a pasta de cimento endurecida.

Adições minerais, tais como sílica ativa, Metacaulim, *fly ash*, entre outros, permitem a melhora das características no estado fresco e endurecido, tais como a resistência à compressão, à tração e ao módulo de elasticidade.

O uso de aditivos químicos no concreto já é prática mais do que consagrada, visto a melhora das características de trabalhabilidade do concreto e a redução do consumo de água e conseqüente redução da relação a/c e o acréscimo de resistência à compressão. Neste mercado, o desenvolvimento de produtos químicos com melhor performance é constante, sendo cada produto desenvolvido para atender a necessidades específicas, como: tempo de manutenção do concreto, aumento da resistência inicial, concretos submersos, entre outros.



Pesquise mais

Aprofunde seus conhecimentos sobre a resistência do concreto nos capítulos 6 e 12 do livro *Propriedades do concreto*, disponível na biblioteca virtual.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

Resistência à compressão

A resistência à compressão é a propriedade mais utilizada no controle tecnológico do concreto. Esse parâmetro pode ser associado a outras propriedades do concreto (fluência, módulo, etc.), sendo associada também à durabilidade.

De acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), a determinação da resistência à compressão é realizada por meio de ensaio em corpos de prova cilíndricos, sendo a dimensão 10 x 20 cm (diâmetro x altura) usualmente empregada pela facilidade de manuseio.

Esses corpos de prova devem ser preparados para a realização do ensaio de resistência, sendo fundamental:

1. Garantia de cura dos corpos de prova conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015).
2. Regularização do corpo de prova: regularizar as extremidades (topo e base), seja por capeamento com enxofre, retificação por desgaste por abrasão ou uso de argamassa de regularização.
3. Determinar, por meio de um paquímetro, a altura no eixo longitudinal e o diâmetro do corpo de prova.
4. A data de ruptura deve seguir as tolerâncias nas datas de ruptura especificadas (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 | Tolerância para idades de rompimento – NBR 5739

Idade de ensaio	24h	3 dias	7 dias	28 dias	63 dias	91 dias
Tolerância	0,5h	2h	6h	24h	36h	48h

Nota: Para outras idades de ensaio, a tolerância pode ser obtida por interpolação.

Fonte: ABNT (2007, p. 4).

Quando se determinam as dimensões do corpo de prova ensaiado, deve-se atender uma relação altura/diâmetro (h/d) entre o intervalo: $1,94 < h/d \leq 2,02$, sendo a relação máxima admissível de 2,02. Caso a relação h/d seja inferior a 1,94, deve-se aplicar um fator de correção, conforme indicado no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 | Fator de correção h/d – NBR 5739

Relação h/d	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	91 dias
Fator de correção	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	48h

Nota: Os índices correspondentes à relação h/d não indicada podem ser obtidos por interpolação linear, com aproximação de centésimos.

Fonte: ABNT (2007, p. 5).

Dessa forma, a equação para a determinação da resistência à compressão fica da seguinte forma:

$$f_c = \frac{F}{A} \cdot 0,098 \cdot f_{h/d}$$

Em que $f_{h/d}$ é o fator de correção de forma.



Exemplificando

Vamos determinar a resistência à compressão de um corpo de prova cilíndrico 10 x 20 cm rompido em prensa de ensaios. No ensaio realizado, foram obtidas as seguintes informações:

Carga lida na prensa: 19,20 t

Altura do CP (após retificação): 17,5 cm

Com base nesses dados, obtém-se pelo Quadro 2.3 o fator de correção 0,98. Utilizando-se a equação a seguir, obtém-se:

$$f_c = \frac{F}{A} \cdot 0,098 \cdot (f_{h/d}) = \frac{19200}{78,54} \cdot 0,098 \cdot (0,98) = 23,47 \text{ MPa}$$



Refleta

Por que a moldagem dos corpos de prova é tão importante?

O procedimento de moldagem dos corpos de prova (CPs) de controle é fundamental para a garantia de um resultado de resistência do concreto conforme a dosagem prevista no traço.

A NBR 5738 (ABNT, 2015) prescreve o procedimento conforme o Slump do concreto, estabelecendo o uso de vibradores de imersão ou adensamento manual (golpeamento com haste de socamento). O adensamento incorreto provoca falhas de concretagem (famosas bicheiras) e conseqüente variação de resistência entre CPs de mesma idade e em diferentes idades, comprometendo o resultado esperado nos testes.

Em muitos casos práticos é comum a execução da extração de testemunhos de concreto da própria estrutura de concreto aplicada para avaliar a resistência do concreto ali aplicado.

Figura 2.3 | Extração de testemunhos de concreto para ensaio de resistência



Fonte: elaborada pelo autor.

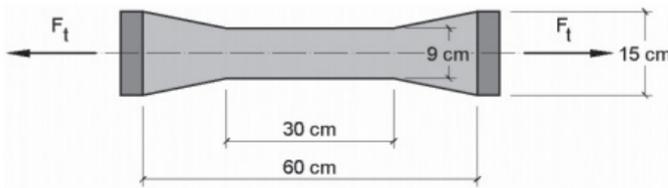
Resistência à tração

A existência dos esforços de momento fletor e força cortante em elementos estruturais geram na seção transversal tensões de tração e deformações. Quando a tensão de tração atinge a capacidade limite do concreto, tem-se a possibilidade do início das fissuras no material.

A tensão de tração é fundamental no dimensionamento de elementos estruturais, pois está associada à determinação do momento de fissuração, verificação das aberturas de fissuras e resistência de aderência.

Para que possamos determinar à tração direta no concreto, é necessário aplicar forças centralizadas em um corpo de prova até a ruptura do corpo de prova. O corpo de prova deve ter seção central retangular de 9 x 15 cm e extremidades quadradas de 15 x 15 cm, conforme Figura 2.4, com análise similar ao ensaio de compressão.

Figura 2.4 | Ensaio de tração direta



Fonte: Pinheiro et al. (2010, [s.p.]).

Diante das dificuldades de execução do ensaio de tração direta, são estabelecidos por norma ensaios que permitem a determinação indireta da tensão de tração do concreto:

- Ensaio de tração diametral (Lobo Carneiro) – NBR 7222 (ABNT, 2011).
- Ensaio de tração na flexão – NBR 12142 (ABNT, 2010).

Assim, a determinação da resistência à tração do concreto (f_{ct}) pode ser obtida pela resistência à tração indireta diametral ($f_{ct,sp}$) e por flexão ($f_{ct,f}$). A correlação dessas resistências é obtida segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003):

$$f_{ct} = 0,9f_{ct,sp}$$

$$f_{ct} = 0,7f_{ct,f}$$

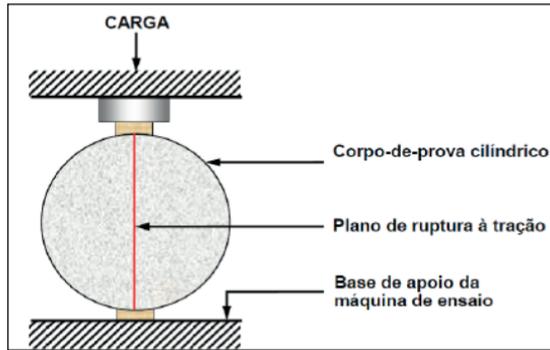
Resistência à tração diametral

O ensaio para determinar a resistência à tração diametral do concreto foi desenvolvido pelo Prof. Luiz Lobo Carneiro, em 1943. Esse método brasileiro é adotado por códigos normativos de diversos países.

Para a determinação da resistência à tração, o ensaio consiste em empregar um corpo de prova de dimensão 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura.

Para a sua realização, o corpo de prova cilíndrico é colocado com o eixo horizontal entre os pratos da máquina de ensaio, e o contato entre o corpo de prova e os pratos deve ocorrer somente ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas, sendo aplicada uma força até a ruptura por fendilhamento devido à tração indireta (PINHEIRO, 2010), conforme as Figuras 2.5 e 2.6.

Figura 2.5 | Ensaio de tração por compressão diametral



Fonte: Pinheiro (2010, [s.p.]).

Figura 2.6 | Ensaio de tração por compressão diametral



Fonte: Dal Molin e Vieira (2011, p. 31).

A distribuição de tensões é praticamente uniforme, sendo a determinação da resistência à tração dada pela equação:

$$f_{ct,sp} = \frac{2.F}{\pi.d.l}, \text{ sendo:}$$

$f_{ct,sp}$ – resistência à tração por compressão diametral;

F – força aplicada pela máquina de ensaio;

d – diâmetro do corpo de prova cilíndrico;

l – comprimento do corpo de prova cilíndrico.



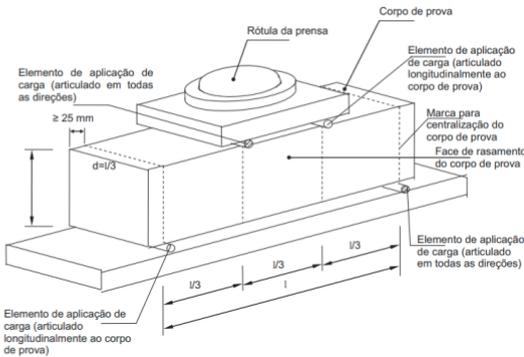
Conheça mais sobre os detalhes e cuidados no ensaio de resistência à tração lendo a norma NBR 7222 (ABNT, 2011).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**. Concreto e argamassa — determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

Resistência à tração por ensaios a flexão

Segundo a NBR 12142 (ABNT, 2010), o ensaio de resistência à tração na flexão é realizado em corpos de prova prismáticos submetidos à carga de flexão em duas seções simétricas (aplicada nos terços da amostra). Nas Figuras 2.7 e 2.8, apresenta-se a sistemática desse ensaio.

Figura 2.7 | Esquema do ensaio de tração na flexão



Fonte: ABNT (2010, p. 2).

Figura 2.8 | Ensaio de tração na flexão



Fonte: Filho (2013, p. 65).

A determinação da tensão de tração na flexão pode ser obtida segundo as equações:

- Quando a ruptura ocorre no terço médio da distância entre elementos de apoio: $f_{ct,f} = \frac{F.l}{b.h^2}$, onde:

$f_{ct,f}$ - resistência à tração na flexão (MPa);

F - carga máxima aplicada (N);

L - comprimento do vão (mm);

b e h - largura e altura média do corpo de prova na seção de ruptura, respectivamente (mm).

- Quando a ruptura ocorre fora no terço médio da distância entre elementos de apoio, mas não mais que 5% do comprimento do vão:

$f_{ct,f} = \frac{3.F.a}{b.h^2}$, em que:

a - distância média entre a linha de ruptura na face tracionada e a linha correspondente ao apoio mais próximo, com base em três medições realizadas.

Quando a ruptura ocorre mais do que 5% fora do comprimento do vão, o resultado é rejeitado.

Conforme Andrade e Tutikian (2010), esse ensaio é usual no controle de concretos empregados em pavimentos, principalmente na avaliação de pisos de concreto simples (sem presença de armadura). Essa propriedade do concreto fornece uma indicação de qualidade do material, por estar associada às propriedades da pasta de cimento endurecida.



Pesquise mais

Conheça mais sobre os detalhes e cuidados no ensaio de resistência à tração na flexão, lendo a NBR 12142 (ABNT, 2010).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142**. Concreto - determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

Vamos relembrar o problema proposto: suponha que você trabalha como engenheiro civil em uma empresa do ramo da construção que está realizando uma obra de um edifício de vinte pavimentos. Na etapa atual dessa obra, você recebeu a tarefa de organizar o controle tecnológico do concreto do fornecedor de concreto usinado.

Em uma inspeção diária, você recebeu a informação do encarregado da obra que os corpos de prova (CPs) de concreto moldados na última concretagem apresentaram problemas após sua desforma, sendo identificadas variações dimensionais na altura e, em algumas amostras, falhas de concretagem.

Aluno, ao analisar os problemas identificados, notou-se que a variação dimensional de altura pode ser corrigida com a consideração do fator de correção h/d normativo (abordado nesta seção, no Quadro 2.3), adequando os valores de tensão obtidos no ensaio de resistência à compressão.

Em termos de bicheiras, os corpos de prova devem ser rompidos em idades com menores e registrar no relatório de ruptura os valores obtidos em ensaio a ocorrência de tais não conformidades. Os valores obtidos nessas amostras são menores do que em amostras íntegras, e não devem ser indicativos de baixa resistência por dosagem do concreto, mas pela falta de adensamento durante a moldagem dos CPs.

Na definição dos corpos de prova, é fundamental separá-los nas idades de referência de projeto (7 dias e 28 dias), sendo a idade principal de análise de projeto em 28 dias.

Outro fator importante, além da verificação do controle tecnológico dos corpos de prova realizado na obra, são os moldados e coletados pelo fornecedor de concreto, que permitem verificar comparativamente os resultados obtidos. Em casos como o da situação-problema é prudente combinar com o fornecedor o acompanhamento da ruptura dos CPs em laboratório externo para garantia do valor real obtido no concreto.

Além da falha de adensamento identificada nos corpos de prova serem um problema resolvido, é importante lembrar que os responsáveis pela moldagem no local da obra devem ser treinados quanto à forma da moldagem dos corpos de prova para garantia que essa não conformidade venha se repetir.

Resistência do concreto x Aplicação em obra

Descrição da situação-problema

Imagine que você está trabalhando como engenheiro responsável de uma obra de um edifício residencial e durante a concretagem da edificação verificou reclamações da equipe de concretagem durante a aplicação da mistura em um dos pisos do edifício, sendo solicitada a adição de água para facilidade no espalhamento do concreto. Como responsável, você precisará estudar o problema e apresentar uma solução.

Resolução da situação-problema

A dificuldade de lançamento do concreto se deve por duas razões: a equipe de concretagem quer um concreto mais trabalhável ou o concreto fornecido pela usina está fora da faixa de Slump especificada na NF (nota fiscal) de compra do produto.

Caso a equipe prefira trabalhar com um concreto mais trabalhável, será possível a admissão da correção do concreto até a água de corte presente no caminhão, água esta prevista na composição do concreto, de maneira a atingir a faixa limite de trabalhabilidade especificado (Exemplo: Slump (10 ± 2) cm, tolerância de trabalho até 12 cm).

A outra causa do problema seria o erro no fornecimento do Slump testes especificados, neste caso, é requerido um novo ensaio de espalhamento para averiguar, caso a água de corte já tenha sido toda consumida e a faixa de Slump esteja fora da especificação, cabe à devolução do caminhão betoneira e, em último caso, a redosagem do concreto com aditivo, nesta situação, esse processo deve ser feito por um tecnologista de concreto.

Em ambas as situações, a decisão de adicionar água sem o controle devido para correção ou uso de aditivos sem controle pode ocasionar problemas de resistência no concreto e no comprometimento da mistura aplicada, exigindo recuperações e reparos.

Faça valer a pena

1. A resistência à compressão do concreto é uma característica mecânica fundamental para o concreto, sendo associado a diferentes características, como módulo de elasticidade, fluência e tração.

Como se determina a resistência à compressão do concreto?

- a) É determinado por ensaio em prensa hidráulica em idade determinada para o concreto (24h, 3 dias, 7 dias e 28 dias) e é obtida pela relação de força obtida no ensaio e na área do corpo de prova.
- b) É determinado por ensaio em prensa hidráulica apenas para as primeiras idades do concreto (24h e 7 dias), sendo o resultado a força obtida no ensaio.
- c) A resistência à compressão é determinada pela relação de tensão e área do corpo de prova.
- d) Determina-se a resistência à compressão pela Lei de Abrams.
- e) A resistência à compressão é obtida pelo produto da tensão e área do corpo de prova.

2. Existem diferentes fatores que interferem na resistência do concreto, associados tanto à composição dos materiais quanto à idade de ruptura dos corpos de prova.

Avalie quais itens a seguir afetam a resistência do concreto.

I - Idade de ruptura.

II - Tipos de cimento.

III - Tipos de agregados.

IV - Relação água/cimento.

V - Umidade e pressão atmosférica.

Assinale a alternativa que indica corretamente os itens que afetam a resistência do concreto.

- a) I, II e IV, apenas.
- b) I, III e V, apenas.
- c) II, III e IV, apenas.
- d) I, III, IV e V, apenas.
- e) I, II, III e IV, apenas.

3. A resistência à tração é um dos parâmetros utilizados no dimensionamento de estruturas e é uma característica fundamental do concreto que deve ser conhecida pelos engenheiros.

Como se determina de forma indireta a tração do concreto?

- a) Por meio do ensaio de tração direta.
- b) Por meio de ensaio de compressão.
- c) Por meio do ensaio de tração diametral ou tração na flexão.
- d) Por meio do ensaio de tração diametral e compressão.
- e) Por meio do ensaio de tração na flexão e compressão.

Seção 2.2

Ensaio para análise do concreto

Diálogo aberto

Caro aluno, na Seção 2.1 conhecemos sobre os fatores que influenciam na resistência do concreto e os ensaios de resistência à compressão e tração. Nesta seção, vamos explorar as falhas de concretagem que ocorrem no concreto, ensaios de controle de laboratório e campo, além de saber como fazer a previsão da resistência à compressão em diferentes idades.

Aproveitando os assuntos citados, vamos supor que você esteja trabalhando como engenheiro de uma obra predial, responsável por acompanhar o andamento das concretagens dos elementos estruturais (pilares, vigas e lajes).

O encarregado lhe informou que, após a deformação de uma linha de vigas, foi identificada a ocorrência de uma falha de concretagem no concreto, conforme indicado na Figura 2.9.

Qual origem da não conformidade haveria algum problema na resistência do concreto e como corrigir esse problema? Ao estudarmos esta seção, vamos ter o embasamento necessário para solucionar esse problema comum em obras.

Figura 2.9 | Bicheira identificada no concreto



Fonte: acervo da autora.

Não pode faltar

As características do concreto, tais como previsão de resistência, ensaios de controle e tipos de falhas de concretagem, são conhecimentos importantes para o engenheiro civil.

Nesta seção, vamos nos aprofundar nestas informações e permitir que você consiga desenvolver o conhecimento para solucionar problemas corriqueiros na vida de engenheiro.

Previsão da resistência do concreto

Conforme já abordamos na última seção, a resistência do concreto está associada a diversos fatores de interferência, dentre os quais são fundamentais a relação água/cimento, tipo de cimento e idade do concreto.

O incremento de resistência com a idade tem relação direta com o grau de hidratação do cimento. Para tanto, cimentos mais finos e com teores de silicatos de cálcio maiores, tais como o CPV ARI, têm a capacidade de atingirem resistências maiores em menores idades. Ao passo que cimentos Portland compostos (CPII) possuem uma evolução mais lenta, atingindo resistências maiores após os 28 dias.



Assimile

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), é possível prever o incremento de resistência do concreto por meio da equação a seguir, sendo possível prever a resistência do concreto em idades menores que 28 dias em função do tipo de cimento.

$$\frac{f_{cj}}{f_{c28}} = e^{s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{j}} \right)}$$

Onde:

f_{cj} : resistência à compressão do concreto à idade de j dias para uma dada relação a/c (MPa);

f_{c28} : resistência média à compressão do concreto a 28 dias para uma mesma relação a/c (MPa);

j : idade (dias);

s : parâmetro associado ao tipo de cimento:

- 0,20: cimento CP V-ARI;
- 0,25: cimento CPI e CP II;
- 0,38: cimento CP III e CP IV.

Aplicando-se a equação dada na NBR 6118 (ABNT, 2014) para estimar a resistência à compressão em idades maiores que 28 dias, como possibilita o Eurocode 2 com a mesma equação, tem-se os valores dados no Quadro 2.4

Quadro 2.4 | Crescimento teórico da resistência

Tipo de cimento	S	Crescimento teórico da resistência em função de s e da idade do concreto		
		t=1ano	1 < t < 50anos	t>50anos
CP V-ARI	0,20	1,15	1,05	1,21
CPI e CP II	0,25	1,20	1,07	1,28
CP III e CP IV	0,38	1,32	1,10	1,45

Fonte: Oliveira e Tutikian (2011).

Verificação de defeitos de concretagem

Vamos conhecer um pouco sobre as falhas em etapas de concretagens de elementos estruturais.

Quando identificamos um problema em estruturas concretadas, dizemos que o concreto possui uma patologia. A patologia ocorre por diferentes origens, sendo associados:

1. Problemas no processo de preparo de forma.
2. Aplicação inadequada do concreto.
3. Problemas nos materiais componentes do concreto.
4. Deficiências de misturas.
5. Falhas de concepção de projeto.

As patologias comumente identificadas como defeitos de concretagem são bicheiras ou nichos de concretagem e segregação em concretos, conforme apresentado nas Figuras 2.10 e 2.11.

Figura 2.10 | Bicheira em escada de concreto



Fonte: acervo da autora.

Figura 2.11 | Segregação de concreto autoadensável



Fonte: acervo da autora.

A ocorrência de bicheiras em concreto ocorre por falta de vibração, uso de concreto autoadensável com consistência incompatível ao tipo de forma aplicada e estanqueidades de forma, sendo que, nesta última, a ocorrência se dá porque a nata de cimento escorre por aberturas ou frestas, ocasionando falhas no concreto.

O lançamento do concreto também deve ser adequado, devendo-se se atentar para que o concreto fresco seja lançado de uma altura máxima de 2 m. Dessa maneira, evita-se que os agregados graúdos atinjam a base do elemento estrutural antes da argamassa, causando bicheira na parte inferior da peça. Caso a altura de queda livre do concreto ultrapasse os 2 m, recomenda-se o uso de concreto com características para bombeamento, emprego de dispositivos que conduzam o concreto (calhas, funis e trompas) e lançamento inicial de argamassa com composição igual à da argamassa do concreto estrutural, conforme especificado na NBR 14931 (ABNT, 2004). O emprego de janelas de inspeção em forma e cachimbos auxilia também na concretagem e vibração adequada, de forma que não haja a segregação dos componentes.

O emprego do concreto autoadensável (CAA) também permite a confecção de peças sem falhas de concretagem. Contudo, o CAA também requer uma estabilidade na mistura, caso contrário, efeitos de segregação do concreto podem ocasionar problemas estruturais e estéticos no elemento empregado, conforme indicado na Figura 2.11.

Outro aspecto importante são especificações de projeto, em que a consideração do concreto a ser empregado é fundamental. Elementos com armadura mais densa (Figura 2.12) exigem concretos mais fluidos (tais como o CAA), a especificação do diâmetro máximo dos agregados em projeto é necessária, visto a possibilidade de travamento do material durante o adensamento do concreto, ocasionando possíveis falhas de concretagem.

Figura 2.12 | Detalhe da densidade de armadura em viga protendida



Fonte: acervo da autora.



Pesquise mais

Conheça sobre o concreto autoadensável e algumas patologias típicas na dissertação de Alencar (2008).

ALENCAR, R. S. A. **Dosagem de concreto autoadensável**: produção de pré-fabricados. 2008, 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.



Exemplificando

A importância da forma de lançamento do concreto

Chamamos de lançamento a operação de colocação do concreto nas fôrmas.

Nesta etapa, o maior cuidado é evitar a chamada segregação do concreto, que consiste na separação dos materiais componentes, os quais proporcionam os ninhos ou as bicheiras no concreto, o que o adensamento não conseguirá eliminar.

A NBR 14931 (ABNT, 2004) estabelece alguns critérios no lançamento:

- O concreto deve ser lançado o mais próximo possível do seu local definitivo.

- Em nenhuma hipótese, o lançamento deve ocorrer após o início de pega do concreto.
- O lançamento deve ser feito de maneira uniforme nas fôrmas, evitando a concentração e deformação delas.
- Devem ser observados cuidados no lançamento quando a altura de queda livre for superior a dois metros. Neste caso, recomenda-se o uso de funis, calhas ou trombas.
- O lançamento nas fôrmas deve ser feito em camadas de altura compatível com o adensamento previsto.

A segregação ocorre porque os materiais componentes têm massas específicas diferentes, e com a queda ou o lançamento tendem a se separar.

A forma de lançamento também determina quais características do concreto devem ser reforçadas, por exemplo, se os lançamentos forem realizados em alturas elevadas, é necessário verificar o teor de argamassa e a consistência adequados (boa coesão).

Em peças verticais, como pilares e paredes, o cuidado é no sentido de se reduzir o fenômeno da exsudação (percolação da água na massa do concreto) e da segregação.

Ensaios de laboratório para análise do concreto

Conhecer o concreto a ser empregado em uma obra é importante para qualquer engenheiro civil. A etapa de laboratório exige que sejam feitas caracterizações no concreto para atendimento das características previstas em projeto.

Os principais ensaios de caracterização do concreto no estado fresco do concreto são:

- Dosagem do concreto.
 - Determinação da consistência pelo ensaio abatimento (NBR NM 67:1998).
 - Ensaios de caracterização de concreto autoadensável (NBR 15823:2017):
- Ensaio de espalhamento, tempo de escoamento e índice de estabilidade visual.
 - Determinação da habilidade passante - Método do anel J.

- Determinação da habilidade passante - Métodos da caixa L e da caixa U.
- Determinação da viscosidade - Método do funil V.
- Determinação da resistência à segregação - Métodos da coluna de segregação e da peneira.
 - Avaliação da perda de abatimento (NBR 10342:1992).
 - Avaliação do tempo de pega (NBR NM 09:2009).
 - Avaliação da massa específica e ar incorporado (NBR 9833:2008).

A etapa de dosagem do concreto consiste no estudo do traço de concreto que será empregado na obra, desenvolvido com base nos requisitos especificados no projeto estrutural.

Na dosagem do concreto, podem ser sugeridas diversas metodologias, de acordo com Helene e Terzian (1992), Alencar (2008) e Tutikian (2004).

Os demais ensaios de caracterização citados são tão essenciais durante o desenvolvimento do estudo de dosagem em laboratório quanto em estudo de avaliação de traços de concretos já definidos.

É importante lembrar que os ensaios de caracterização de concreto autoadensável são mais abrangentes, visto a necessidade de desenvolvimento de misturas estáveis em laboratório (Figura 2.13). Para tanto, a quantidade de ensaios de caracterização é maior em relação ao concreto convencional.

Figura 2.13 | Ensaio de controle –(A) Abatimento de tronco de cone para concreto convencional; (B) Espalhamento para concreto autoadensável



A)



B)

Fonte: acervo da autora.

Já no estado endurecido, o concreto pode ser submetido a alguns ensaios de caracterização normativos:

- Determinação da resistência à compressão axial (NBR 5739: 2007).
- Determinação da resistência à tração (diametral ou tração na flexão) – NBR 12142:2010 e NBR 7222:2011.
- Ensaio de tração direta.
- Determinação do módulo de elasticidade (NBR 8522: 2008).
- Fluência do concreto (NBR 8224: 2012).

O ensaio de resistência à compressão axial é mais usual na caracterização do concreto em laboratório e para verificação de concretos aplicados em campo. Neste ensaio, são realizadas rupturas em diferentes idades, de acordo com os requisitos necessários de projeto. As idades usuais empregadas são 1 dia, 3 dias, 7 dias e 28 dias. Contudo, em alguns casos, são requisitadas outras idades: 14 dias, 21 dias, 72 dias, 92 dias, 180 dias e até 360 dias.

Outro ensaio requisitado para caracterização e controle do concreto é o módulo de elasticidade, sua determinação é fundamental para concretos empregados em elementos protendidos, visto que esse parâmetro físico permite determinar a deformação das peças. A determinação desse parâmetro está usualmente associada à idade de 28 dias.

Ensaio pouco usuais são a resistência à tração e fluência do concreto. Em relação ao ensaio de fluência, este se caracteriza por ser de longa duração, levando 1 ano de acompanhamento para determinação da curva de fluência. Trata-se de um ensaio importante no concreto, porém são poucos os laboratórios no Brasil que o realizam.

Nas Figuras 2.14 e 2.15, apresentam-se ensaios de fluência e módulo, respectivamente.

Figura 2.14 | Ensaio de fluência, realizado no Laboratório LCEC - CESP



Fonte: acervo da autora.

Figura 2.15 | Ensaio de módulo de elasticidade



Fonte: acervo da autora.



Pesquise mais

Conheça sobre ensaios de laboratório para concreto no livro *Concreto: Ciência e Tecnologia*.

ISAIA, C. G. Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011.

Ensaio de campo para a análise do concreto

Tão importante quanto conhecer os ensaios de caracterização do concreto em laboratório é saber sobre os ensaios de campo. Uma vez que se conhece o comportamento do concreto no estado fresco e endurecido obtido em laboratório, cabe ao engenheiro verificar em campo e garantir que o concreto empregado seja aplicado com os requisitos requeridos.

Dessa forma, os ensaios de controle de campo são essenciais para verificar desvios no concreto decorrentes por possíveis falhas no preparo do concreto pelo fornecedor de concreto.

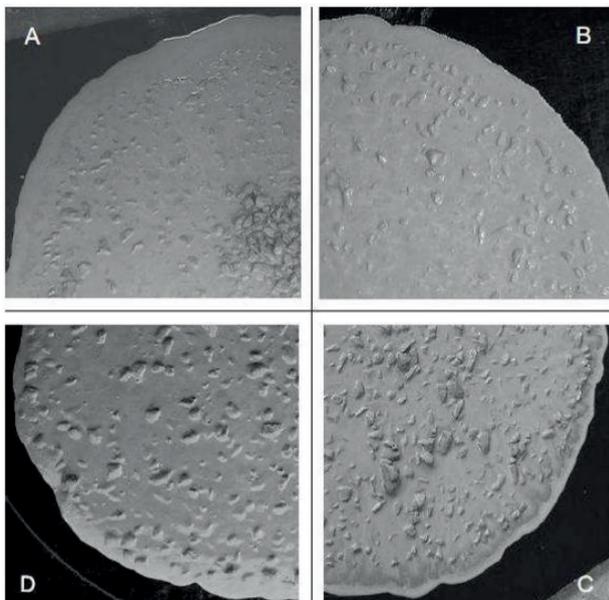
Os ensaios de verificação de campo mais usuais utilizados para o concreto no estado fresco são indicados a seguir:

- Determinação da consistência pelo ensaio abatimento (NBR NM 67:1998).
- Ensaio de caracterização de concreto autoadensável (NBR 15823:2017):
- Ensaio de espalhamento, tempo de escoamento e índice de estabilidade visual.

Esses ensaios são o que determinam se o concreto está com a consistência ideal e permitem a aceitação ou rejeição dele em obra. Para o concreto autoadensável, o ensaio de estabilidade visual é importante para análise do nível de segregação do concreto.

Na Figura 2.16, apresenta-se uma análise da estabilidade visual obtida no ensaio de espalhamento realizado em concreto autoadensável.

Figura 2.16 | Análise do aspecto visual do espalhamento: A – Alto nível de segregação, com concentração de agregados graúdos no centro do círculo formado pelo espalhamento do concreto e presença apenas de argamassa na extremidade; B – Moderado nível de segregação, pode-se observar que a brita não conseguiu acompanhar a argamassa até a extremidade do espalhamento; C – Leve exsudação de água, observada na beirada do concreto; D – Concreto com adequado nível de fluidez e coesão



Fonte: Alencar (2008, p. 23).

Uma vez realizada a verificação do concreto fresco e sua conformidade comprovada, deve-se proceder à moldagem de corpos de prova cilíndricos, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015).

No estado endurecido, deve-se proceder para o concreto a ruptura dos corpos de prova de controle. Esses ensaios são realizados em laboratório, conforme citado no item anterior.



Refleta

Por que os ensaios em campo são necessários para verificação do concreto?

Desenvolver misturas de concreto em laboratório e conhecer o comportamento dele antes da aplicação é essencial. Quando aplicamos

o concreto que já foi estudado, a segurança que ele está de acordo é por meio dos ensaios de campo.

Os testes de consistência do concreto são essenciais para identificar possíveis problemas associados ao preparo do concreto, pois quando a mistura de concreto não atinge a consistência requerida, indica que há uma falha nele.

As principais falhas partem de erros no preparo do concreto:

- Falha na determinação da umidade.
- Equipamentos de pesagem com calibração vencida, gerando variações de peso.
- Mudança das matérias-primas.

Além disso, muitas vezes, o tempo de aplicação do concreto supera as 2,5h requeridas pela NBR 7212 (ABNT, 2012), de maneira a iniciar as reações de hidratação do cimento e gerar a redução da consistência.

Dessa maneira, o ensaio de consistência permite que o engenheiro recuse a aplicação do concreto na estrutura, de maneira a evitar problemas de baixa resistência ou falhas de concretagem.

Sem medo de errar

Vamos lembrar o problema proposto: suponha que você esteja trabalhando como engenheiro de uma obra predial, sendo responsável por acompanhar o andamento das concretagens dos elementos estruturais (pilares, vigas e lajes).

O encarregado lhe informou que, após a deforma de uma linha de vigas, foi identificada a ocorrência de uma falha de concretagem no concreto.

Aluno, estudamos, nesta seção, a origem de falhas de concretagem no concreto, a qual está associada à falta de vibração do concreto, ao erro na consistência do concreto e à estanqueidade da forma ruim. De acordo com a foto, nota-se que houve uma falta de vibração pontual do concreto, em que o adensamento realizado foi insuficiente, não permitindo que o ar aprisionado no concreto fosse expulso.

Neste caso, a recuperação deve ser realizada com a quebra do concreto com martelo e a reconstituição com concreto fluido (graute).

Outro fator importante é orientar a equipe de concretagem quanto à necessidade de vibração adequada do concreto, de forma a não ocorrer novamente essa não conformidade.

Avançando na prática

Desenvolvimento de concreto para a obra

Descrição da situação-problema

Suponhamos que você seja um engenheiro civil, que trabalha em um Laboratório de Controle Tecnológico de Concreto, e foi solicitado por um cliente para realizar o desenvolvimento de um traço de concreto para aplicação específica de uma obra. Quais são os requisitos esperados e a forma de se desenvolver esse concreto?

Resolução da situação-problema

Aproveitando as informações que abordamos sobre os ensaios de laboratório para controle do concreto, no desenvolvimento de um traço de parte de um estudo de dosagem, devemos:

1. Definir o método de dosagem (HELENE; THERZIAN, 1992).
2. Quais parâmetros são necessários para o desenvolvimento do concreto: este dado deve ser especificado em projeto e informado pelo cliente. São usuais: resistência característica do concreto (f_{ck}), abatimento, tipo de cimento e agregados a serem empregados, módulo de elasticidade.
3. As amostras dos materiais componentes devem estar em laboratório (agregados, cimento e aditivos) e deve-se seguir o método de dosagem.

Faça valer a pena

1. A análise do concreto em laboratório é fundamental para o conhecimento das características do concreto antes de seu emprego em campo.

Qual é a importância do estudo de dosagem do concreto em laboratório?

- a) Determinar os parâmetros que devem ser adotados em projeto.
- b) O estudo de dosagem permite que o concreto seja desenvolvido com base nos quesitos de projeto, tais como abatimento, módulo e resistência.
- c) Estudar apenas o módulo de elasticidade do concreto.
- d) Determinar apenas os dados de fluência do concreto.
- e) Estudar apenas o comportamento do cimento.

2. A previsão de resistência do concreto é empregada em modelos de cálculo para prever a resistência esperada no concreto em diferentes idades.

No cálculo de previsão de resistência do concreto, qual fator interfere diretamente no resultado obtido?

- a) O tipo de agregado graúdo empregado no concreto.
- b) O tipo de agregado miúdo empregado no concreto.
- c) O tipo de aditivo químico empregado no concreto.
- d) O tipo de cimento empregado.
- e) O consumo de cimento.

3. Os ensaios de avaliação do concreto em campo são usuais nas obras, pois estão associados à aceitação ou rejeição do concreto a ser empregado nas estruturas.

No recebimento do concreto de um caminhão betoneira, qual ensaio é realizado in loco e é essencial para a aceitação do concreto fresco?

- a) Resistência à tração diametral.
- b) Resistência à compressão.
- c) Esclerometria.
- d) Ensaio de abatimento, caso o concreto seja convencional, ou ensaio de espalhamento, caso o concreto seja autoadensável.
- e) Ensaio de módulo de elasticidade.

Seção 2.3

Controle tecnológico do concreto

Diálogo aberto

Caro aluno, na Seção 2.2 estudamos como determinar a resistência à compressão do concreto em diferentes idades, os defeitos que ocorrem em estruturas de concreto durante a concretagem e os principais ensaios de laboratório e campo que são empregados no desenvolvimento e controle tecnológico do concreto. Nesta seção, vamos conhecer sobre a amostragem do concreto, o controle de concretagem e a análise dos resultados de resistência do concreto.

Aproveitando os assuntos citados, continuaremos seu desafio como engenheiro de uma obra predial, responsável por acompanhar o andamento das concretagens na obra e, agora, com foco nas concretagens realizadas na laje dos pavimentos.

No momento de fazer os pedidos de compra do concreto à concreteira, é feita uma reunião junto à equipe de engenheiros da obra para definir qual será a forma de controle que será adotada.

Os principais tópicos são:

1. Qual é a sistemática de mapeamento do concreto aplicado na laje?
2. Qual será o controle de concretagem adotado na concretagem do pano de laje?
3. Quais são as principais informações e análises no relatório de controle de qualidade?

Aluno, concluindo esta seção, você conseguirá ter o embasamento necessário para concluir essa análise presente em todas as obras.

Não pode faltar

A forma de controle do concreto empregado em obras é fundamental para a rastreabilidade de sua aplicação e o histórico de resistência. O profissional de Engenharia Civil deve conhecer a maneira como realizar tal controle e decidir quanto à aceitação dos lotes de concreto e às ações corretivas a serem tomadas quando identificados problemas no concreto.

Nos itens a seguir, vamos nos aprofundar nestes assuntos!

Amostragem para controle de qualidade

O controle de qualidade do concreto aplicado em estruturas requer cuidados associados ao processo de preparo e aplicação do concreto empregado. A NBR 14931 (ABNT, 2004) especifica que o preparo e os critérios de controle de concreto devem atender aos requisitos da NBR 12655 (ABNT, 2015).

Conforme a norma, para cada tipo e classe de concreto a ser colocado em uma estrutura devem ser realizados os ensaios de consistência e resistência à compressão, além de ensaios que venham a ser específicos do projeto estrutural.

O ensaio de consistência deve ser realizado pelo abatimento do tronco de cone, conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998), ou de espalhamento e habilidade passante em fluxo livre, no caso de concreto autoadensável, de acordo com a NBR 15823-2 (ABNT, 2017) e a NBR 15823-3 (ABNT, 2017), respectivamente.

Para o concreto preparado pelo construtor da obra, esses ensaios devem ser realizados sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

- Na primeira amassada do dia, ou seja, no preparo do primeiro concreto do dia, pois há a necessidade de controle rigoroso pela interferência da umidade dos agregados miúdos (areias).
- Ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2h.

- Na troca dos operadores.
- Cada vez que forem moldados corpos de prova.

Para o concreto preparado por empresa de serviços de concretagem (centrais de concreto), devem ser realizados ensaios de consistência a cada betonada.

No caso de concreto autoadensável, a frequência de realização dos ensaios está estabelecida na NBR 15823-1 (ABNT, 2017).

O ensaio de consistência é o que deve ser adotado na aceitação ou rejeição do concreto fresco. Em relação ao controle de resistência, ensaiado conforme a NBR 5739 (ABNT, 2007), devem ser preparadas amostragens do concreto, as quais devem ser utilizadas para aceitação ou rejeição dos lotes.

A amostragem do concreto para ensaios de resistência à compressão deve ser feita dividindo-se a estrutura em lotes, os quais atendam a todos os limites do Quadro 2.5.

Quadro 2.5 | Valores máximos para a formação dos lotes de concreto^a

Identificação (o mais exigente para cada caso)	Solicitação principal dos elementos da estrutura ^a	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples ^b
Volume de concreto	50 m ³	100 m ³
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	Três dias de concretagem ^c	

^a No caso de controle por amostragem total, cada betonada deve ser considerada um lote.

^b No caso de complemento de pilar, o concreto faz parte do volume do lote de lajes e vigas.

^c Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de sete dias, que inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas.

Fonte: NBR 12655 (ABNT, 2015, p. 18).

Para cada lote deve ser retirada uma amostra, com o número de exemplares de acordo com o tipo de controle.

Segundo a NBR NM 33 (ABNT, 1998), a amostra do concreto deve ser realizada aleatoriamente durante a operação de concretagem. O volume mínimo da amostra deve ser de 1,5 vezes a quantidade necessária para ensaio, para tanto, deve-se coletar para o ensaio de resistência o mínimo de 30 litros.

A amostragem do concreto deve ser realizada durante o descarregamento do concreto, após a retirada dos primeiros 15% do volume do caminhão e antes do descarregamento de 85% do volume total, ou seja, no terço médio do volume de concreto lançado.

Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova dela amassada, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015), para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. O valor de resistência considerado exemplar é o maior dos dois valores obtidos no ensaio de resistência à compressão.

Controle de concretagem

No controle de concretagem, é fundamental a realização dos ensaios de consistência e resistência já citados anteriormente.

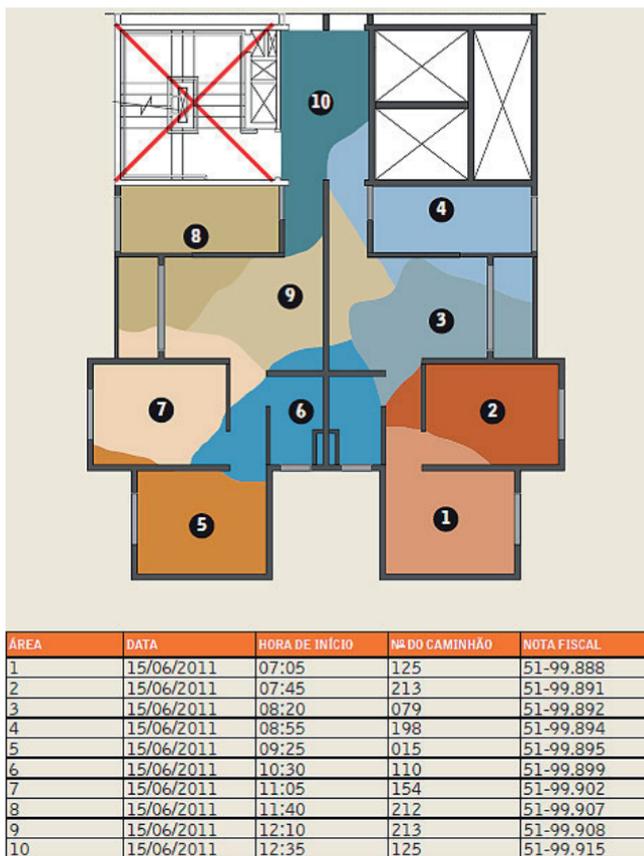
Além disso, o mapeamento do concreto lançado na estrutura permite um controle do concreto de forma situada. Para tanto, caso haja problema de resistência do concreto, é possível averiguar a região em que ele foi aplicado e atuar de forma corretiva, seja com a análise do projeto, reforço estrutural ou demolição localizada.

O mapeamento de uma laje, por exemplo, pode ser realizado da seguinte forma: a laje deve ser dividida de acordo com o planejamento de concretagem (Figura 2.17). Os limites de cada concretagem devem ser desenhados no mapa.

No momento da concretagem, o anotador deve marcar em cada trecho:

- Número da betoneira que descarregou o concreto.
- Data e hora do início da concretagem.
- Número da nota fiscal referente à compra do concreto.

Figura 2.17 | Mapeamento de concretagem da laje de um edifício



Fonte: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/37/mapeamento-de-concretagem-220680-1.aspx>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

Dados adicionais, associados à consistência do concreto obtida em cada caminhão e à água de dosagem empregada, são fundamentais para a análise dos resultados.

Além disso, é fundamental o controle do concreto por meio da moldagem de corpos de prova de todos os caminhões betoneira (amostragem total), desta forma, tem-se o histórico de resistência dos lotes de concreto empregados na estrutura.

Análise de ensaios de corpos de prova

A análise dos ensaios em corpos de prova de controle é feita com base no controle de resistência à compressão, em que a determinação

da resistência característica à compressão do concreto estimada ($f_{ck,est}$) é o parâmetro estabelecido por norma para aceitação do concreto.

Consideram-se dois tipos de controle de resistência: o controle estatístico do concreto por amostragem parcial e o controle do concreto por amostragem total.

No controle por amostragem parcial, é prevista uma forma de cálculo do valor do $f_{ck,est}$, do lote de concreto em estudo. Para o controle por amostragem total a 100% das betonadas, a análise da conformidade deve ser realizada em cada betonada.

Esses dois tipos de controle serão abordados distintamente nos itens a seguir.



Assimile

Conheça as principais siglas e definições envolvidas nesta seção:

Lote: é certa quantidade de concreto empregado em uma concretagem. Deve ser homogêneo e corresponder a um mesmo traço de concreto.

Exemplar: quantidade de corpos de prova que representa o lote de concreto produzido no dia. Entre exemplares de um mesmo lote, o valor de resistência à compressão do concreto refere-se ao valor mais alto de dois corpos de prova "irmãos" para ruptura em uma mesma idade, coletados de uma mesma betonada de concreto produzido.

Amostra: conjunto de exemplares que se admitem como representativos de um lote de concreto.

f_j : resistência do concreto à compressão individual de cada um dos exemplares de uma amostra.

f_{ck} : resistência característica do concreto à compressão, corresponde ao valor de referência adotado pelo projetista como base de cálculo. Está associada a um nível de confiança de 95%.

$f_{ck,est}$: resistência característica estimada do concreto à compressão, corresponde ao concreto de um lote que se supõe homogêneo. É o valor obtido ao ensaiar alguns corpos de prova cilíndricos e aplicar aos resultados obtidos em uma fórmula matemática. Esse parâmetro é uma estimativa feita a partir de uma amostragem, e não uma certeza absoluta do valor de resistência característica real do concreto do lote avaliado.

Controle de amostragem total

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015), a amostragem total consiste em todas as betonadas que são amostradas e representadas por um exemplar, o qual define a resistência à compressão daquele concreto naquela betonada.

Neste caso, o valor da resistência característica à compressão do concreto estimada ($f_{ck,est}$) é dado por: $f_{ck,est} = f_{c,betonada}$, onde $f_{c,betonada}$ é o valor da resistência à compressão do exemplar que representa o concreto da betonada.

Controle de amostragem parcial

Conforme a NBR 12655 (ABNT, 2015), na amostragem parcial, são retirados exemplares de betonadas distintas. As amostras devem ser de, no mínimo, seis exemplares para os concretos do grupo I (classes até C50, inclusive) e 12 exemplares para os concretos do grupo II (classes superiores a C50), como estabelece a NBR 8953 (ABNT, 2015):

Lotes com números de exemplares $6 \leq n \leq 20$: o valor do $f_{ck,est}$ na idade especificada é dado por:

$$f_{ck,est} = 2 \cdot \left[\frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{(m-1)}}{m-1} \right] - f_m$$

Onde:

n – número de exemplares dos lotes do período

$m = n/2$, despreza-se o valor mais alto de n se for ímpar

$f_1 + f_2 + \dots + f_m$ – valores de resistência dos exemplares, em ordem crescente.

Não se pode tomar para $f_{ck,est}$ valor menor que $\psi_6 \cdot f_1$, adotando-se para ψ_6 os valores do Quadro 2.6

Quadro 2.6 | Valores de ψ_6

Condição de preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≤ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02

Nota: Os valores de n entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais.

Fonte: NBR 12655 (ABNT, 2015, p. 20).



Assimile

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), a condição de preparo do concreto é classificada em três condições:

CONDIÇÃO A (aplicável a todas as classes de concreto): o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados.

CONDIÇÃO B (pode ser aplicada às classes C10 a C20): o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume.

CONDIÇÃO C (pode ser aplicada apenas aos concretos de classe C10 e C15): o cimento é medido em massa, 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 da determinação da consistência do concreto, conforme disposto na NBR NM 67 (ABNT, 1998) ou outro método normalizado.

Essas condições também são empregadas no estudo de dosagem de concretos, interferindo no valor da resistência de dosagem do traço.

Lotes com números de exemplares $n \geq 20$: o valor do $f_{ck,est}$, na idade especificada, é dado por $f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65.S_D$, sendo:

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [f_i - f_{cm}]^2}$$

Onde:

f_{cm} – resistência média dos exemplares do lote, expressa em megapascals (MPa);

S_D – desvio padrão dessa amostra de n exemplares, expresso em megapascals (MPa);

i – inicia em contagem de 1 até n ;

f_i – resistência de cada exemplar iniciada em ordem crescente;

n – número de exemplares analisados no período mensal.



Assimile

O desvio padrão do concreto representa um dado técnico que indica a uniformidade do processo de preparo e produção de um traço de concreto. Esse parâmetro é muito empregado na representação de qualidade do concreto produzido por uma empresa. Segundo a NBR 9062 (ABNT, 2017), o desvio padrão inferior a 3,5MPa define se uma empresa que produz peças de concreto pode ser classificada como pré-fabricada.

Nos casos de concreto produzido por betonadas de pequeno volume e sempre que o número total de betonadas (lote) seja superior ao de exemplares da amostra que representa esse lote, ou seja, trate-se de amostragem parcial, pode-se dividir a estrutura em lotes correspondentes a, no máximo, 10 m³ e amostrá-los com número de exemplares entre 2 e 5. Nestes casos, denominados excepcionais, o valor estimado da resistência característica é dado por:

$$f_{ck,est} = \psi_6 \cdot f_1$$

Onde:

Ψ_6 é dado pela Tabela 2.5, para os números de exemplares de 2 a 5.



Exemplificando

Segue um exemplo numérico para determinação do desvio padrão e da resistência característica estimada.

Consideremos os resultados de resistência à compressão da amostragem mensal de fevereiro apresentada no Quadro 2.7:

Quadro 2.7 | Resultados de resistência aos 28 dias

Lote de Concreto	Data de moldagem	Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)			Ordem crescente
		CP 01	CP 02	f_i	
G-025	01/02/17	46,1	45,9	46,1	$f_1 = 28,8$
G-026	02/02/17	38,1	30,8	38,1	$f_2 = 33,4$
G-027	03/02/17	34,9	35,6	35,6	$f_3 = 34,0$
G-028	06/02/17	42,2	38,2	42,2	$f_4 = 34,1$
G-029	07/02/17	35,9	40,2	40,2	$f_5 = 34,5$
G-030	08/02/17	36,0	38,4	38,4	$f_6 = 35,6$
G-031	09/02/17	37,2	36,7	37,2	$f_7 = 37,2$
G-032	10/02/17	33,4	34,5	34,5	$f_8 = 38,1$
G-033	13/02/17	32,6	33,4	33,4	$f_9 = 38,3$
G-034	14/02/17	32,8	34,0	34,0	$f_{10} = 38,4$
G-035	15/02/17	48,2	43,5	48,2	$f_{11} = 39,5$
G-036	16/02/17	41,4	38,3	41,4	$f_{12} = 40,0$
G-037	17/02/17	44,1	45,0	45,0	$f_{13} = 40,2$
G-038	22/02/17	32,0	34,1	34,1	$f_{14} = 41,4$
G-039	23/02/17	39,5	38,2	39,5	$f_{15} = 42,2$
G-040	24/02/17	40,0	37,8	40,0	$f_{16} = 45,0$
G-041	27/02/17	28,0	38,3	38,3	$f_{17} = 46,1$
G-042	28/02/17	44,4	46,2	46,2	$f_{18} = 46,2$
G-043	29/02/17	26,6	28,8	28,8	$f_{19} = 48,2$

Fonte: elaborada pelo autor.

A partir dos resultados da Tabela 2.6, calcula-se a resistência média:

$$f_{cm} = 39,0 \text{ MPa}$$

Dessa maneira, calcula-se o desvio padrão:

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{(19 - 1)} \cdot (28,8 - 39,0)^2 + (33,4 - 39,0)^2 + \dots + (48,2 - 39,0)^2}$$

$$S_D = 5,1 \text{ MPa}$$

Para o cálculo da resistência característica estimada, tem-se 19 exemplares. Por tratar-se de um número ímpar, deve-se considerar $n=18$, dessa forma, tem-se:

$$m = \frac{n}{2} = \frac{18}{2} \longrightarrow m = 9$$

$$f_{ck,est} = 2 \cdot \left[\frac{(28,8 + 33,4 + \dots + 38,1)}{(9 - 1)} \right] - 38,3$$

$$f_{ck,est} = 30,6MPa$$

Empregando-se a equação 1, obtém-se o segundo valor de $f_{ck,est}$:

$$f_{ck,est} = 1,02 \cdot 28,8$$

$$f_{ck,est} = 29,3MPa$$

$$\therefore f_{ck,est} = 30,6MPa$$

Como o f_{ck} de projeto para o concreto é de 30MPa aos 28 dias, tem-se:

$$f_{ck,est} \geq f_{ck} \longrightarrow 30,6MPa \geq 30MPa \text{ (Ok!)}$$



Pesquise mais

Conheça sobre o controle do concreto empregado em obras e a análise de resultados no livro: HELENE, P.; THERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1992. 349p.



Refleta

Por que é importante o controle estatístico do concreto?

Como já vimos anteriormente, uma das principais formas de avaliar a qualidade de um concreto é através de sua resistência à compressão.

Algumas variações nos resultados de resistência à compressão têm sua origem em processos de mistura, lançamento, adensamento e cura do concreto.

Contudo, quando se verificam variações excessivas desta propriedade, este é um indício que há uma falta de controle durante o processo de produção do concreto.

O controle estatístico do concreto, que representa a determinação do $f_{ck,est}$ e do desvio padrão, dentro dos parâmetros de norma, são essenciais para a identificação de não conformidades e a necessidade de intervenção no processo produtivo do concreto.

Vale lembrar que um bom controle de produção pode conduzir a uma redução de custo do concreto!

Influência do projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico rege o estudo inicial de uma edificação, sendo que, a partir dele, é desenvolvido o projeto estrutural.

O desafio no emprego de concretos de alto desempenho está, muitas vezes, associado à necessidade requerida no projeto arquitetônico, em que o uso de seções de pilares reduzidas e de vãos elevados requer o uso de concretos de alto desempenho (CAD).

Neste escopo, o controle desses concretos exige uma atenção especial, visto que o não atendimento à resistência requerida compromete estruturalmente uma edificação. Para tanto, neste caso, o acompanhamento minucioso do engenheiro civil, atentando-se ao mapeamento das concretagens realizadas na estrutura e à amostragem do concreto total dos caminhões betoneira fornecidos, é essencial para a garantia do projeto estrutural.



Refleta

Em grande parte dos projetos estruturais, você utilizará o concreto armado, composto por concreto simples e armadura de aço passiva, já que o concreto simples apresenta baixa resistência à tração. Ao longo da unidade, você pôde conhecer vários ensaios relacionados ao controle das características do concreto fresco e do concreto endurecido. Por que ensaiamos o concreto usinado de todo o caminhão betoneira que chega na obra e não ensaiamos os vergalhões de aço recebidos no canteiro?

A NBR 7480/2007, disponível na Biblioteca Virtual, ajudará na reflexão.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480:**

ação destinado a armaduras para estruturas de concreto armado: especificações. Rio de Janeiro, 2007.

Sem medo de errar

Vamos relembrar o problema proposto: suponha que você esteja trabalhando como engenheiro de uma obra predial, sendo responsável por acompanhar o andamento das concretagens realizadas na laje dos pavimentos.

No momento de fazer os pedidos de compra do concreto à concreteira, é feita uma reunião junto à equipe de engenheiros da obra para definir qual será a forma de controle adotada.

Os principais tópicos são:

1. Qual é a sistemática de mapeamento do concreto aplicado na laje?
2. Qual será o controle de concretagem adotado na concretagem do pano de laje?
3. Quais são as principais informações e análises no relatório de controle de qualidade?

Com base nos conhecimentos adquiridos, são indicadas as seguintes resoluções:

A forma de controle do concreto deve ser feita por amostragem total, na qual deverão ser realizadas as moldagens de corpos de prova de controle de todos os caminhões betoneira fornecidos.

O controle do concreto aplicado deve ser realizado por meio do mapeamento de concretagem, em que um auxiliar técnico deverá ter em mãos um croqui do pavimento do edifício para indicar as concretagens realizadas e a região associada, conforme indicado na Figura 2.17.

No momento da concretagem, o anotador deve marcar em cada trecho:

- Dados do caminhão betoneira que descarregou o concreto (placa ou número).
- Data e hora do início da concretagem.

- Número da nota fiscal referente à compra do concreto.
- Água total aplicada a cada caminhão, incluindo a água de redosagem realizada no local.
- Dados do abatimento do concreto de cada caminhão betoneira.
- Dados da rastreabilidade dos corpos de prova moldados (número de etiquetas de identificação com códigos).

Avançando na prática

Desvio padrão do concreto

Descrição da situação-problema

Suponha que você seja o engenheiro responsável pelo controle tecnológico de uma indústria de pré-fabricados de concreto. Na análise de dados mensais, foi verificado que o desvio padrão atingiu um valor de 5,0 MPa para o traço de concreto mais empregado na produção de peças pré-fabricadas. Em uma reunião de gerências, você foi questionado quanto a este resultado e qual é a ação a ser tomada.

Resolução da situação-problema

O desvio padrão do concreto representa um dado técnico que indica a uniformidade do processo de preparo e produção de um traço de concreto. Na indústria de pré-fabricados, o valor admissível, indicado na NBR 9655 (ABNT, 2017), é de, no máximo, 3,5 MPa. O resultado apresentado indica que você tem obtido dados de resistência com oscilação, ora valores dentro da resistência esperada, ora com resultados elevados, gerando esse valor de desvio.

A ação necessária é verificar a calibração dos equipamentos de preparo do concreto (balanças de agregados, cimento, aditivo e água), além da forma de moldagem do concreto, controle dos agregados (granulometria) e ruptura dos corpos de prova. Desta forma, uma vez identificada a origem desse problema, deve-se reavaliar, no período subsequente, os dados de resistência para análise do desvio padrão do concreto.

Caso os dados de resistência reflitam valores de resistência baixos com elevada frequência, interferindo no valor do $f_{ck,est}$ e não atendendo no valor de norma, deve-se reavaliar o traço para atendimento da resistência à compressão.

Faça valer a pena

1. A análise de resistência é fundamental para determinar a qualidade do concreto produzido por concreteiras e em empresas de concreto pré-fabricado. A frequência de moldagem de corpos de prova de controle define o que chamamos de amostragem, a qual é estabelecida conforme o volume de concreto aplicado ou a necessidade da obra.

Um exemplo disso é que, em concreteiras, o concreto é preparado diretamente no caminhão betoneira, atingindo volumes de preparo de até 10 m^3 , ao passo que, em indústrias de pré-fabricados de concreto, o preparo é feito em misturadores planetários, os quais atingem volumes médios de $0,50 \text{ m}^3$ até $2,0 \text{ m}^3$. Desta forma, nota-se que há a necessidade de frequências de moldagens distintas para o controle do concreto.

O que é amostragem parcial do concreto?

- a) Representa a moldagem de todos os concretos produzidos em todas as betonadas.
- b) Refere-se à moldagem particionada por lotes de concretos produzidos em betonadas.
- c) Representa a ruptura de uma parte de corpos de prova moldado de um traço de concreto.
- d) Representa a coleta de amostras de concreto.
- e) A amostragem parcial é a coleta de informações aleatórias do concreto produzido: consistência e temperatura.

2. Na execução de grandes concretagens, sempre existe a preocupação do controle do concreto, sendo frequente um plano de concretagem com mapeamento dos lotes de concreto fornecidos e as regiões aplicadas.

Assinale o item a seguir que faz parte do mapeamento de concretagem.

- a) Checklist de verificação de formas.
- b) Tonalidade do concreto fresco.
- c) Dados da consistência do concreto de cada caminhão betoneira.
- d) Registro do preparo de armação da estrutura.
- e) Análise granulométrica dos agregados.

3. A resistência característica à compressão do concreto estimada

($f_{ck,est}$) é um parâmetro que indica se os resultados de resistência do concreto atendem à determinação normativa ($f_{ck,est} \geq f_{ck}$). Quando essa regra não é atendida, devem-se tomar ações corretivas sobre o concreto.

Quais ações corretivas devem ser avaliadas quando a relação

($f_{ck,est} \geq f_{ck}$) não é atendida?

- a) Mudança do tipo de misturador.
- b) Troca do tipo de cimento.
- c) Reavaliação do traço de concreto e investigação laboratorial.
- d) Troca da água do traço.
- e) Retirada do aditivo do traço de concreto.

Referências

ALENCAR, R. S. A. **Dosagem de concreto autoadensável**: produção de pré-fabricados. 2008. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

ANDRADE, J. J. O.; TUTIKIAN, B. F. Resistência mecânica do concreto. In: ISAIA, C. G. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. p. 615-652.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 09**: Concreto e argamassa – Determinação dos tempos de pega por meio da resistência a penetração. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR NM 33**: Concreto - Amostragem em concreto fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

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

_____. **NBR 7584**: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 8224**: Concreto endurecido – Determinação da fluência – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 8522**: Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

- _____. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- _____. **NBR 9833**: Concreto fresco – Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- _____. **NBR 10342**: Concreto – Perda de Abatimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- _____. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- _____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- _____. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- _____. **NBR 15823**: Concreto autoadensável. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- _____. **NBR 15823-1**: Concreto autoadensável - Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- _____. **NBR 15823-2**: Concreto autoadensável - Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- _____. **NBR 15823-3**: Concreto autoadensável - Parte 3: Determinação da habilidade passante - Método do anel J. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- BATTAGIN, A. F.; BATTAGIN, I. L. S. Cimento Portland no Brasil. In: ISAIA, C. G. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. p. 761-790.
- BOGGIO, J. B. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.
- DAL MOLIN, D. C. C.; VIEIRA, G. L. Avaliação da resistência à compressão, resistência à tração e formação de microfissuras em concretos produzidos com diferentes tipos de cimentos, quando aplicado um pré-carregamento de compressão. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 25-40, jan./mar. 2011.
- FILHO, J. R. S. **Estudo da resistência mecânica de argamassas utilizadas para recuperação de estruturas de concreto**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.
- GONÇALVES, P. J. Utilização do resíduo da indústria cerâmica para produção de concretos. **Rem: Rev. Esc.** Minas, Outro Preto v. 60, n. 4, out./dez. 2007.
- HELENE, P; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1992. 349p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 2014.

NEVILLE, A. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1997.

OLIVEIRA, J. J.; TUTIKIAN, B. F. Resistência Mecânica do Concreto. In: ISAIA, C. G. Concreto: **ciência e tecnologia**. v. 1. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 613-652.

PINHEIRO, L. M. et al. Características do Concreto. In: PINHEIRO, L. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**: estruturas de concreto. São Carlos: USP – EESC, 2010. Disponível em: <<http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/concreto/Textos/02%20Concreto.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

TUTIKIAN, B. F. **Método para dosagem de concretos autoadensáveis**. 2004. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

Argamassa e revestimentos

Convite ao estudo

Olá, aluno!

Iniciamos a unidade de revestimentos, a qual está associada a etapa de acabamento, que envolve o conhecimento dos materiais que serão empregados em pisos e paredes.

Determinar o revestimento ideal com garantia de um ótimo acabamento e durável exige que o engenheiro conheça as características dos materiais e saiba as restrições quanto a sua aplicação.

Nesta unidade, iremos desenvolveremos o conhecimento das propriedades dos principais revestimentos, a forma de aplicação desse material e as patologias que ocorrem em obras.

Neste contexto, vamos colocar alguns problemas cotidianos que serão passíveis de resolução com base nos conhecimentos desenvolvidos.

Supondo um caso prático, vamos imaginar que você, aluno, esteja trabalhando como engenheiro responsável de uma obra residencial. A etapa atual da obra envolve a escolha dos revestimentos que serão empregados nos ambientes internos e externos da edificação. Nessa fase, o contato com o cliente é frequente e envolve abordagens técnicas sobre a definição de quais materiais serão utilizados em cada local. Você terá de conhecer os dados técnicos dos principais materiais e justificar o uso de revestimentos mais resistentes e duráveis em alguns ambientes. A principal dúvida do cliente envolve qual revestimento cerâmico será utilizado nos ambientes internos e externos da obra.

Numa segunda situação, nesta mesma obra, você identificou, numa inspeção de rotina, um consumo maior dos materiais empregados nos revestimentos de argamassa aplicados na alvenaria. Durante uma abordagem com o mestre de obras, você notou falhas de aplicação. Qual ação de correção deve ser tomada? Qual a possível origem desse problema?

O último caso, suponha que você trabalhe como Engenheiro de uma empresa de inspeção predial e foi acionado para verificar problemas em revestimentos de uma obra recém-construída. Durante a inspeção foi identificado problemas de deslocamento do piso e você precisa descrever no relatório técnico a causa desta patologia e qual correção a ser tomada.

Estas são as principais situações propostas que iremos trabalhar. Para isso preparamos nesta unidade os seguintes três temas chaves para lhe auxiliar: revestimentos comuns na construção civil, execução do revestimento e patologias dos revestimentos.

No primeiro tema, temos uma introdução ao estudo dos revestimentos, em que de uma forma geral serão apresentados os tipos de revestimento que são empregados na construção civil relacionados a argamassas, cerâmica, pedras naturais e gesso. Nos itens sequenciais, serão discutidos de forma mais específica cada tipo e sua característica técnica.

O segundo tema envolve a forma de execução dos revestimentos, tendo a atenção quanto às etapas que envolvem o preparo da base de aplicação para os revestimentos cerâmicos, argamassa, pedras naturais e gesso. Nesta seção ainda serão apresentadas as características do emboco, chapisco e reboco, bem como a aplicação de cerâmicas e pedras naturais.

No último tema, serão explorados os tipos de patologias que ocorrem em revestimentos, sendo abordados descolamentos, fissuras, manchas e os problemas associados à umidade

Convido-o a iniciar os estudos e desenvolver estes conhecimentos sobre os revestimentos. Afinal, estes materiais conquistam a credibilidade final de qualquer obra, pois o resultado estético unido a escolha certa do revestimento garante a satisfação pessoal dos profissionais envolvidos na obra e do cliente final.

Bons estudos!

Seção 3.1

Revestimentos comuns na construção civil

Diálogo aberto

Nesta seção, iremos conhecer os principais revestimentos empregados em uma obra e quais as características de cada material. São eles: a argamassa, a cerâmica, as pedras naturais e o gesso.

Supondo um caso prático, vamos imaginar que você, aluno, esteja trabalhando como engenheiro responsável de uma obra residencial. A etapa atual da obra envolve a escolha dos revestimentos que serão empregados nos ambientes internos e externos da edificação. Nesta fase o contato com o cliente é frequente e envolve abordagens técnicas sobre a definição de quais materiais serão utilizados em cada local. Você terá de conhecer os dados técnicos dos principais materiais e justificar o uso de revestimentos mais resistentes e duráveis em alguns ambientes.

A principal dúvida do cliente envolve qual revestimento cerâmico será utilizado nos ambientes internos e externos da obra. Uma das dúvidas levantadas pelo cliente é sobre a área da garagem, na qual abrigará dois veículos, poderia ser utilizado um revestimento cerâmico? Na parte interna dos quartos, qual revestimento cerâmico torna-se mais ideal para aplicação?

Aluno, vamos juntos conhecer as propriedades mecânicas dos revestimentos e descobrir a resolução desse problema identificado na obra. Para isso é importante conhecermos as características dos revestimentos para definição da escolha ideal para cada caso.

Não pode faltar

Caro aluno,

O conceito de revestimento envolve o uso de técnicas para emprego de materiais que tem a função de proteção, complementar as funções de vedação e dar acabamento em

superfícies horizontais e verticais de uma obra (funções estéticas de valorização econômica). Basicamente o revestimento é empregado em paredes, pisos e tetos de uma edificação.

O uso do revestimento em paredes envolve um conceito de regularização de superfície, proteção contra intempéries, melhora na resistência da parede e, por fim, proporcionar estética e acabamento.

Em edificações, são empregados diversos tipos de revestimentos, sendo usual o emprego de argamassas, cerâmicas, pedras naturais e gesso. Na Figura 3.1, são ilustrados estes tipos de revestimentos.

Figura 3.1 | Tipos de revestimento: Argamassa (1), Cerâmico (2), Pedras naturais (3) e gesso (4)



Fonte: (1) iStock.

(2) <<https://pxhere.com/pt/photo/701479>>. Acesso em: 17 dez. 2017

(3) iStock.

(4) iStock.

Cada tipo de revestimento possui características que o torna ideal para aplicação em diferentes situações em edificações.

As técnicas de aplicação, as características destes materiais e as restrições quanto ao uso em algumas situações são

conhecimentos essenciais para o engenheiro civil. Cada um dos tipos de revestimentos citados será descrito nos itens a seguir.

TIPOS DE REVESTIMENTOS: ARGAMASSAS E CERÂMICOS

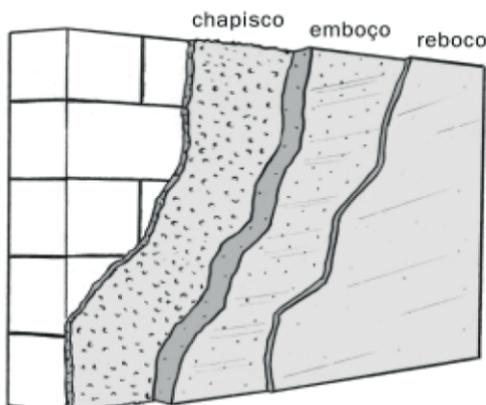
REVESTIMENTO EM ARGAMASSA

Os revestimentos em argamassa são os mais comumente empregados nas obras convencionais. As argamassas possuem propriedades e características específicas: rugosidade, aderência, resistência mecânica, porosidade e estanqueidade.

A composição da argamassa consiste em cimento, areia e água, sendo utilizados também aditivos químicos e até mesmo adições minerais.

A argamassa como revestimento segue uma sequência comum de aplicação: chapisco, emboço e reboco, conforme indicado na Figura 3.2.

Figura 3.2 | Etapas da aplicação da argamassa de revestimento



Fonte: Manual de revestimento ABCP (Szlak, et.al., 2003).

As etapas da aplicação e suas características serão estudadas na seção 3.2.

Outro sistema de aplicação de argamassas de revestimento é o monocapa para fachadas. Segundo Silva (2010), trata-se de um revestimento decorativo monolítico, produzido a partir de aplicação em camada única de argamassa à base de cimento

branco estrutural, diretamente sobre alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto, podendo receber na superfície acabamentos tipo raspado, flocado e travertino (Figura 3.3).

O autor ainda cita que estas argamassas são aplicadas diretamente sobre blocos de alvenaria, entretanto, as superfícies de concreto, a exemplo de vigas, colunas e painéis, exigem aplicação de chapisco para formar ponte de ancoragem entre a estrutura e o revestimento a ser aplicado.

Figura 3.3 | Revestimento de argamassa tipo monocapa para fachadas



Fonte: Silva (2010).

REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Os revestimentos cerâmicos são frequentemente empregados na construção civil, envolvendo a etapa de finalização dos acabamentos da obra. As propriedades associadas a diversidade de aplicação, diferentes acabamentos e durabilidade tornam esse tipo de revestimento essencial em obras.

Contudo, é fundamental conhecer bem as características específicas desses materiais, pois é preciso observar bem os critérios como resistência à abrasão, produtos químicos e impactos, além dos níveis de absorção de água e textura.

Segundo Rebelo (2010), a grande vantagem do revestimento cerâmico reside em:

- Durabilidade do material.
- Facilidade de limpeza.
- Higiene.
- Qualidade do acabamento final.
- Proteção dos elementos de vedação.
- Isolamento térmico e acústico.
- Estanqueidade a água e aos gases.
- Segurança ao fogo.

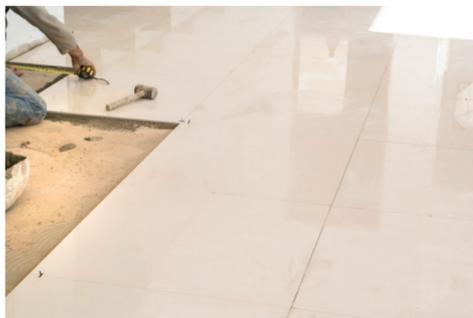
- Aspecto estético e visual agradável.

O autor ainda cita que a qualidade e a durabilidade de uma superfície com revestimento cerâmico está fundamentada diretamente em conceitos relacionados aos seguintes aspectos:

- Planejamento e escolha correta do revestimento cerâmico.
- Qualidade do material de assentamento.
- Qualidade da construção e do assentamento.
- Manutenção.

Dos pisos e azulejos mais comuns aos modernos porcelanatos e pastilhas, há uma indicação adequada para cada tipo de ambiente (interno ou externo, molhado ou seco, alto tráfego ou não) e também de condições climáticas. Nas Figuras 3.4 e 3.5 são apresentados exemplos de aplicação de revestimentos cerâmicos em ambientes internos.

Figura 3.4 | Piso de porcelanato



Fonte: iStock.

Figura 3.4 | Piso de porcelanato



Fonte: <<http://www.ceramicaportinari.com.br/es/inspirese/?termo=ba%C3%B1os>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

Na escolha do piso cerâmico, é fundamental a definição da resistência à abrasão. A especificação em relação a este parâmetro físico é definida:

- Superficial: para produtos esmaltados (índice PEI).
- Profunda: para produtos não esmaltados.

A ação de abrasão ocasionada pela movimentação de pessoas, veículos e objetos em pisos cerâmicos esmaltados gera o desgaste do material, dessa forma, deve-se conhecer os índices PEI que são associados a resistência ao desgaste.

Para tanto a escolha da cerâmica adequada requer questionamentos associados ao ambiente de aplicação, os questionamentos que devem ser levantados são:

- Onde será instalada.
- Qual fluxo será submetido (pessoas, veículos, etc) e a frequência.



Assimile

As classificações para o piso cerâmico do índice PEI e sua utilização:

- PEI 1 - Baixa: estas cerâmicas podem ser utilizadas em pisos de quartos e banheiros residenciais como lavabos, onde anda-se com chinelos ou pés descalços (não são recomendadas para ambientes que exigem limpeza pesada e constante).
- PEI 2 - Média: podem ser utilizadas em ambientes residenciais onde geralmente caminha-se com sapatos, com exceção de cozinhas e entradas.
- PEI 3 - Média/Alta: podem ser utilizadas em pisos de ambientes internos residenciais como cozinhas, corredores, halls, sacadas e quintais. Essas cerâmicas não devem ser utilizadas em locais que tenham areia, ou outros materiais mais duros que esta, como sujeira abrasiva.
- PEI 4 - Alta: este é um piso que resiste ao alto tráfego e pode ser utilizado tanto em áreas internas, como externas. Exemplos: residências, garagens, escritórios, restaurantes, lojas, bancos, entradas, caminhos preferenciais, vendas e exposições abertas ao público e outras dependências.

- PEI 5 - Altíssimo (e sem manchas após abrasão): este piso é ideal para áreas externas. Pode ser utilizado em ambientes residenciais e comerciais (shoppings, aeroportos, padarias, etc).

A escolha do revestimento cerâmico para o ambiente é fundamental na etapa de acabamento da obra, pois promove a beleza no ambiente e garante a proteção da estrutura da edificação.

O assentamento do revestimento cerâmico é executado por meio de argamassa e os acabamentos entre peças feito com rejunte, ambos industrializados. A forma de aplicação desses produtos segue recomendações específicas de cada fabricante, indicados na embalagem do produto e estão de acordo com as normas técnicas brasileiras.



Exemplificando

Um exemplo prático da escolha do revestimento cerâmicos é que em residências, onde em áreas internas utiliza-se o piso PEI-1 que não possui elevada resistência a desgaste a abrasão e é indicado para áreas de passagem de pessoas.

Já o piso cerâmico usual para áreas de garagem é o PEI-4, pois o desgaste por conta da movimentação de veículos exige essa necessidade. Uma atenção especial é a compra de piso para áreas externas que possuam uma rugosidade superficial para evitar acidentes de pessoas (tais como quedas por escorregamentos) em dias chuvosos ou em situações de limpeza.



Refleta

Por que o revestimento cerâmico é um dos produtos mais empregados na construção convencional?

O emprego do revestimento cerâmico possui a versatilidade de ser empregado tanto em ambientes internos quanto externos, em pisos e paredes e em locais de pequeno ou grande fluxo.

Por tratar-se de um produto durável, de fácil limpeza e manutenção da higiene, confere ao material uma preferência dos consumidores nacionais. Contudo, como já verificamos neste trabalho, para o

bom desempenho do revestimento cerâmico, é necessário colocar o material certo para cada ambiente. A especificação correta é fundamental para que o material correto seja empregado para evitar problemas ao longo da vida útil da edificação.

TIPOS DE REVESTIMENTOS: PEDRAS NATURAIS

O revestimento com pedras naturais (Figuras 3.6 e 3.7) pode ser empregado em qualquer ambiente (interno ou externo). O uso deste tipo de revestimento atende um requisito estético em decorações de interiores e tem sido uma tendência de utilização por tratar-se de rochas naturais que possuem propriedades de resistência, durabilidade e beleza.

Figura 3.5 | Uso de pedras decorativas em ambiente interno – sala de estar



Fonte: iStock.

Figura 3.6 | Uso de pedras decorativas em ambiente interno - banheiro



Fonte: iStock.

As principais variedades comerciais de rochas são:

- Granitos.
- Mármore.
- Quartzitos.
- Ardósias.
- Serpentinóis e Esteatitos.
- Arenitos e Conglomerados.

A escolha da melhor rocha para revestimento ao atendimento do projeto arquitetônico requer o conhecimento de suas propriedades e do meio físico no qual ficará submetida a rocha, e às suas solicitações definem sua qualificação e viabilidade de emprego.

Segundo Frascá (2002), existem algumas exigências das rochas para uso como material de revestimento. As exigências requeridas para rochas são indicadas no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 | Valores padronizados pela ASTM para alguns ensaios em rochas ornamentais utilizadas como revestimento

Tipo de rocha		Densidade (kg/m ³)	Absorção de água (%)	Compressão o uniaxial (MPa)	Módulo de Ruptura (MPa)	Flexão em 4 pontos (MPa)
Granitos		≥ 2560	≤ 0,4	≥ 131	≥ 10,34	≥ 8,27
Mármore (ASTM C503)	Calcítico	≥ 2595	≤ 0,2	≥ 52	≥ 7,0	≥ 7
	Dolomítico	≥ 2800				
	Serpentinítico	≥ 2690				
	Travertino	≥ 2305				
Calcários (ASTM C568)	Baixa Densidade	≥ 2760	≤ 12,0	≥ 12	≥ 2,9	n.e
	Média Densidade	≥ 2160	≤ 7,5	≥ 28	≥ 3,4	n.e
	Alta Densidade	≥ 2569	≤ 3,0	≥ 55	≥ 5,9	n.e
Arenitos (ASTM C616)	≥ 60% silicalivre	≥ 2003	≤ 8,0	≥ 27,6	≥ 2,4	n.e
	≥ 90% silicalivre	≥ 2400	≤ 3,0	≥ 68,9	≥ 6,9	n.e
	≥ 95% silicalivre	≥ 2560	≤ 1,0	≥ 137,9	≥ 13,9	n.e
Ardósia (ASTM C629)	Exterior	n.e	≤ 0,25	n.e	≥ 49,6*/ ≥ 62,1*	n.e
	Interior	n.e	≤ 0,45	n.e	≥ 37,9*/ ≥ 49,6*	n.e

Fonte: Frascá (2002).

Segundo o autor, ainda são exigidos os seguintes parâmetros conforme a aplicação indicada no Quadro 3.2:

Quadro 3.2 | Parâmetros tecnológicos exigidos conforme o emprego da rocha em revestimento

Função do revestimento	PISOS		PAREDES		FACHADAS	TAMPÓS*
	Exterior	Interior	Exterior	Interior		
Tipo de rocha	X	X	X	X	X	X
Absorção de água	X	X	X	X	X	X
Desgaste Abrasivo	X	X	X	X	X	X
Flexão	X	X	X	X	X	X
Compressão	X	X	X	X	X	X
Dilatação térmica	X	X	X	X	X	X
Alterabilidade	X	X	X	X	X	X

Fonte: Frasca (2002).

REVESTIMENTO DE GESSO

O revestimento com gesso é uma técnica empregada apenas em ambientes internos de edificações, sendo sua aplicação realizada em paredes e tetos. Este tipo de revestimento permite um acabamento fino e liso, suportando temperaturas de trabalho de até 50°C.

A aplicação deste revestimento é feita diretamente sobre a alvenaria (cerâmica ou concreto) ou revestimento de argamassa já existente, sendo sua espessura de aplicação associada a regularização do substrato.

O gesso pode ser aplicado na forma de pasta ou argamassa de gesso endurecido, sendo um material mais econômico ao sistema de revestimento da argamassa de revestimento com a massa corrida.

Em termos de composição, tem-se o gesso na seguinte classificação:

Pasta de gesso: gesso liso.

Argamassa de gesso: produto industrializado já preparado com gesso mais calcário em pó fino, cal, aditivos retardadores e incorporadores de ar.

A aplicação do gesso pode ser realizada de forma manual ou projetada, conforme apresentado nas Figuras 3.8 e 3.9.

Figura 3.7 | Aplicação manual do gesso em alvenaria



Fonte: <<http://dicasdaarquitectura.com.br/index.php/2009/12/29/gesso-ou-reboco/>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

Figura 3.8 | Aplicação mecanizada do revestimento de gesso



Fonte: <<http://construcomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/157/artigo319710-1.aspx>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

A especificação quanto à aplicação do gesso será abordada detalhadamente na Seção 3.2.



Pesquise mais

Conheça sobre as especificações normativas do gesso, lendo a literatura: NBR 13867 (ABNT, 1997), disponível na Biblioteca Virtual.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13867 - Revestimento interno de paredes e tetos com pasta de gesso – materiais, preparo, aplicação e acabamento. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

Sem medo de errar

No caso prático proposto, você, aluno, está trabalhando como engenheiro responsável de uma obra residencial. A etapa atual da

obra envolve a escolha dos revestimentos que serão empregados nos ambientes internos e externos da edificação. Nessa fase, o contato com o cliente é frequente e envolve abordagens técnicas sobre a definição de quais materiais serão utilizados em cada local. Você terá de conhecer os dados técnicos dos principais materiais e justificar o uso de revestimentos mais resistentes e duráveis em alguns ambientes.

O cliente precisa escolher o revestimento cerâmico que será utilizado nos ambientes internos e externos da obra. Dentre as dúvidas que surgiram, questionou-se se o revestimento cerâmico que será empregado nos ambientes internos da residência seria o mesmo empregado na garagem.

Aprendemos que os revestimentos cerâmicos possuem classes de resistência a desgaste, especificados pelo índice PEI. Para tanto nas situações são dadas as seguintes indicações:

Ambientes internos: indicação do revestimento cerâmico PEI3 para todos os ambientes internos.

Ambiente externo: indicação do revestimento cerâmico PEI4 para a garagem e PEI3 para uso no quintal onde o tráfego envolve apenas pessoas.

Recomenda-se na região da garagem, a compactação do solo e execução de concreto com espessura de 10cm e uso de tela metálica. Esse cuidado é fundamental para evitar acomodações da base de assentamento que irá receber o piso cerâmico PEI4.

Avançando na prática

Revestimento de gesso

Descrição da situação-problema

Supondo um caso prático, vamos imaginar que você, aluno, esteja trabalhando como Engenheiro responsável de uma obra residencial. Durante uma inspeção de rotina você verificou que no projeto arquitetônico houve a exigência da aplicação do revestimento de gesso em uma região da cozinha. Esta especificação estaria correta? Existe a necessidade de cuidados especiais?

Resolução da situação-problema

O emprego do gesso como revestimento em alvenaria possui uma limitação em relação a regiões que apresentam presença de água, para tanto, o uso no ambiente da cozinha requer um cuidado na parede que irá apresentar as tubulações hidráulicas, sendo necessário uso de uma argamassa com aditivos impermeabilizantes ou aplicação de um produto de impermeabilização antes do recebimento do gesso como revestimento. Dessa forma, não haverá a transferência da umidade no produto e evitaria a ocorrência de patologias.

Faça valer a pena

1. Os revestimentos cerâmicos são empregados em abundância em obras, sendo aplicados em pisos e em paredes. O revestimento cerâmico possui características de durabilidade, resistência a abrasão, resistência química e acabamento final que justificam sua preferência em obras.

O revestimento cerâmico possui uma especificação do índice PEI, que representa:

- a) a resistência a abrasão.
- b) a resistência a agentes químicos.
- c) a resistência a compressão do produto.
- d) a resistência a flexão do produto.
- e) o índice de impermeabilidade do material.

2. O revestimento de gesso tem seu emprego associado a ambientes internos e sem presença de umidade. Este revestimento proporciona um ótimo acabamento superficial e quando bem aplicado dispensa ou reduz ao máximo o uso de massa corrida.

Por que o gesso não pode ser empregado em ambientes externos?

- a) Porque o material modifica sua tonalidade e amarela.
- b) Devido a sua incompatibilidade com a água (intempéries) pode gerar seu deslocamento e outras patologias.
- c) Devido ao ganho de resistência, pois se trata de um aglomerante hidráulico.

- d) Devido ao custo do material.
- e) Porque o aspecto final do produto aplicado não gera um bom acabamento estético.

3. Os revestimentos são todos os procedimentos utilizados na aplicação de materiais de proteção e de acabamento sobre superfícies horizontais e verticais em obras de construção civil. As propriedades dos materiais empregados em revestimentos requerem que estes atendam o ambiente em que será empregado de maneira que sejam duráveis e resistentes.

Qual propriedade física é fundamental para revestimentos empregados em pisos?

- a) Resistencia a abrasão.
- b) Trabalhabilidade.
- c) Ductibilidade.
- d) Flexibilidade.
- e) Torção.

Seção 3.2

Execução do revestimento

Diálogo aberto

Na seção anterior, você conheceu os principais revestimentos empregados na construção civil e quais as características de cada material. Nesta seção, iremos conhecer as etapas de execução dos revestimentos empregados em uma obra e suas particularidades de aplicação. Neste escopo, iremos abordar sobre os revestimentos de argamassa, cerâmica e pedras naturais.

Supondo um caso prático, vamos imaginar que você, aluno, esteja trabalhando como engenheiro responsável de uma obra residencial. A etapa atual da obra envolve a escolha dos revestimentos que serão empregados nos ambientes internos e externos da edificação. Nessa fase, o contato com o cliente é frequente e envolve abordagens técnicas sobre a definição de quais materiais serão utilizados em cada local. Você terá de conhecer os dados técnicos dos principais materiais, justificar o uso de revestimentos mais resistentes e duráveis em alguns ambientes, conhecer as técnicas de aplicação e reconhecer patologias para definição da sistemática de correção.

Durante a etapa de execução da argamassa de revestimento na alvenaria interna da edificação, você verificou que o consumo de material está sendo maior do que o previsto inicialmente. Você realiza uma visita de rotina para avaliar o problema e levantar os seguintes questionamentos:

Qual a origem deste problema?

A composição da argamassa está sendo obedecida?

Aluno, vamos juntos conhecer as etapas de execução dos revestimentos e descobrir como resolver o problema identificado na obra.

Não pode faltar

ETAPAS DE EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO

As etapas de execução dos revestimentos são distintas para cada

tipo de material, partindo-se sempre da necessidade no preparo inicial do substrato.

As etapas para revestimentos em argamassa, em cerâmico, em pedras naturais e em gesso podem ser descritas, conforme segue:

Revestimento de argamassa (interno ou externo)

Consiste na realização nas seguintes etapas:

1. Chapisco.
2. Emboço.
3. Reboco.
4. Pintura.

Revestimento cerâmico e pedras naturais (interno ou externo)

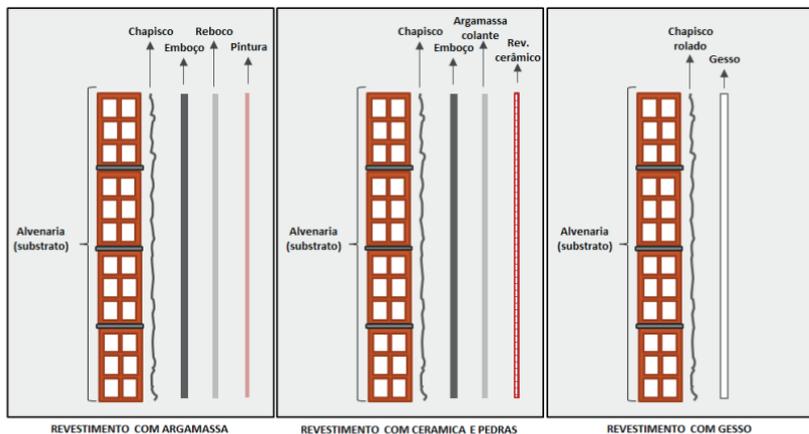
1. Chapisco.
2. Emboço.
3. Revestimento cerâmico ou em pedras naturais.

Revestimento com gesso

1. Chapisco rolado (quando aplicado sobre o concreto).
2. Gesso.

Na Figura 3.9, ilustram-se as etapas de preparo de cada revestimento citado.

Figura 3.9 | Aplicação dos revestimentos



Fonte: elaborada pela autora.

A espessura do revestimento é um ponto fundamental do processo, definida pelo número de camadas e o ambiente de exposição, sendo que, nos casos em que há necessidade de ajustes em prumo e alinhamento da base, alguns cuidados devem ser tomados, tais como execução de duas ou três demãos respeitando intervalos de, pelo menos, 16 horas entre elas, além do encasquilhamento (inserção de cacos de cerâmica) das primeiras camadas ou uso de telas metálicas no revestimento.

Segundo a NBR 13749 (ABNT, 2013), as espessuras de argamassa simples são indicadas no Quadro 3.3:

Quadro 3.3 | Espessuras de revestimento de argamassa

Revestimento	Espessura (mm)
Paredes internas	$5 \leq e \leq 20$
Paredes externas	$20 \leq e \leq 30$
Tetos	$e \leq 20\text{mm}$

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 2013, p. 2).

Para emprego do revestimento duplo, a camada de reboco não deve ultrapassar 5mm.

Nos itens a seguir, você conhecerá detalhadamente as etapas de aplicação e preparo dos revestimentos.

ARGAMASSA (EMBOÇO)

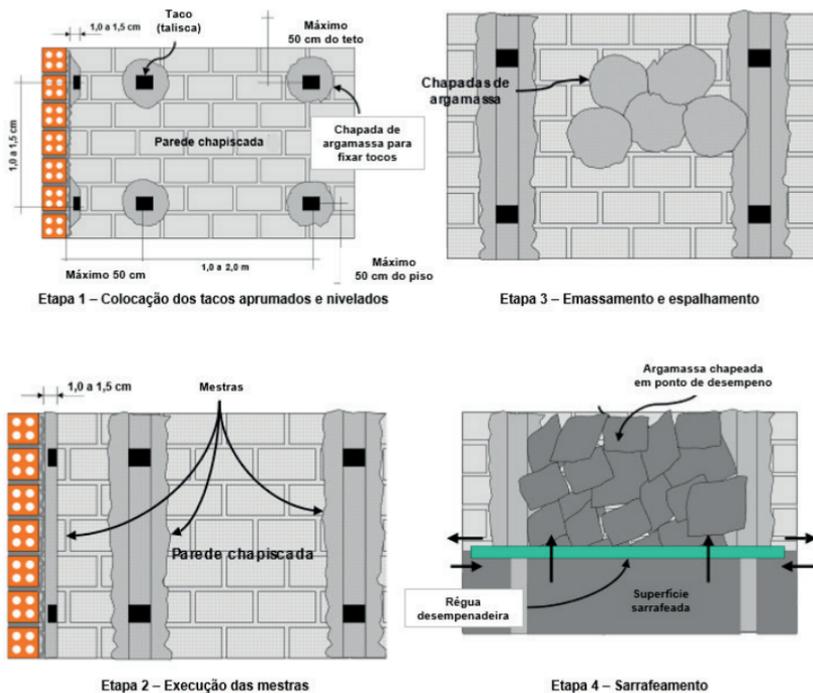
Segundo Rebelo (2010), o emboço consiste em uma camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base com ou sem chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.

Accorsi (2015) cita que o emboço se constitui de uma camada de argamassa aplicada (geralmente a mais espessa do sistema de revestimento) que consiste no corpo do revestimento, possuindo aderência ao substrato, e apresentando textura adequada à aplicação de outra camada subsequente.

A granulometria da areia empregada na argamassa do emboço é usualmente mais grossa do que as demais argamassas.

A execução do emboço consiste na definição do plano vertical de trabalho, preparado com emprego de taliscas e mestras. As taliscas definem a espessura do emboço e devem ser aprumadas entre si de maneira a garantir uniformidade e correção das imperfeições da alvenaria, conforme indicado na Figura 3.10. Após a sua execução, procede-se o preparo das mestras verticais, que representam guias para emprego da régua para sarrafeamento.

Figura 3.10 | Execução do emboço



Fonte: adaptada de Zulian et.al. (2002, p.3-4-5).



Pesquise mais

Conheça sobre diferentes tipos de argamassas de revestimento na bibliografia: SZLAK, B., TANIGUTI, E., NAKAKURA, E., MOTA, E., BOTTURA, M., FRIGIERI, V. **Manual de Revestimentos**. São Paulo. ABCP, 2013. Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

A composição comum de argamassas de emboço em obras segue indicado no Quadro 3.4:

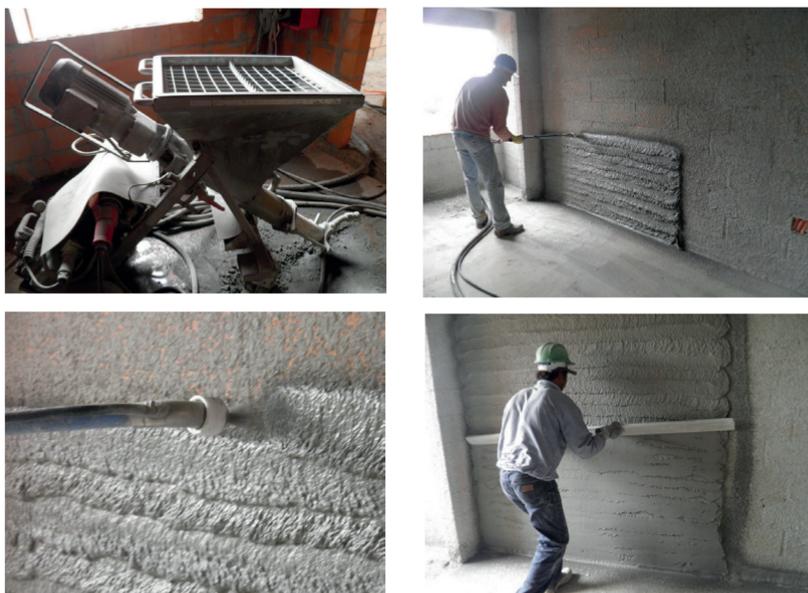
Quadro 3.4 | Traços de emboço usuais em obras

CARACTERÍSTICA	CIMENTO	CAL	AREIA	TIPO DE AREIA
Interno, base para reboco	1	1	4	Media lavada
Interno, base para cerâmica	1	1,25	5	Media lavada
Interno, base para teto	1	2	9	Media lavada
externo, base para reboco	1	2	9	Media lavada
externo, base para cerâmica	1	2	8	Media lavada

Fonte: Leggerini e Aurich (2010).

Outra forma de aplicação do emboço envolve a técnica de projetá-lo com equipamento específico, envolvendo o preparo da argamassa e utilização de bomba para projeção da mistura. Na Figura 3.11, ilustra-se esse processo.

Figura 3.11 | Argamassa projetada. (A) Bomba, (B) e (C) projeção da argamassa e (D) regularização



Fonte: <<https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=1548>>. Acesso em: 10 dez. 2017.



O emboço possui um acabamento sarrafeado, pois deve se deixar textura áspera para melhorar a aderência quando da aplicação dos outros materiais. Um exemplo é a necessidade do emprego da argamassa colante no assentamento de peças cerâmicas, que melhora a aderência com esse tipo de substrato.

CHAPISCO, EMBOÇO E REBOÇO

O revestimento de argamassa envolve as etapas de preparo: chapisco, emboço e reboco.

O chapisco é uma camada de revestimento na ordem de 5mm aplicada diretamente sobre o substrato (concreto, alvenaria), tendo a função de uniformizar a absorção da superfície e melhorar a aderência do emboço.



Segundo Falcão Bauer (2017), espera-se que a resistência do revestimento de argamassa diminua de dentro para fora. Como garantimos esta resistência do emboço para o reboco?

A aplicação do chapisco é realizada por meio do lançamento manual da argamassa com uma colher de pedreiro, sua intensidade deve gerar um impacto que permita uma maior aderência e aspereza da superfície aplicada. Nessa etapa, há uma perda de material e desconforto para o operário. Na Figura 3.13, apresenta-se o chapisco aplicado.

Figura 3.12 | Argamassa de chapisco aplicada em alvenaria



Fonte: Accorsi (2015, p. 4).

O chapisco também pode ser aplicado por meio de rolo de pintura ou projetado. As vantagens de ambos os processos é a redução de resíduos e uniformidade de aplicação da argamassa na superfície.

O chapisco rolado (Figura 3.13) é um produto industrializado e aplicado por meio de rolo de pintura, sendo as proporções de água e consistência preparadas conforme recomendações do fabricante. Ao passo que o projetado (Figura 3.14), também é utilizado um produto industrializado (semi-pronto) e sua aplicação envolve o uso de bomba e equipamentos de projeção.

Figura 3.13 | Chapisco rolado aplicado em alvenaria



Fonte: <<https://www.weber.com.br>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

Figura 3.14 | Chapisco projetado aplicado em alvenaria



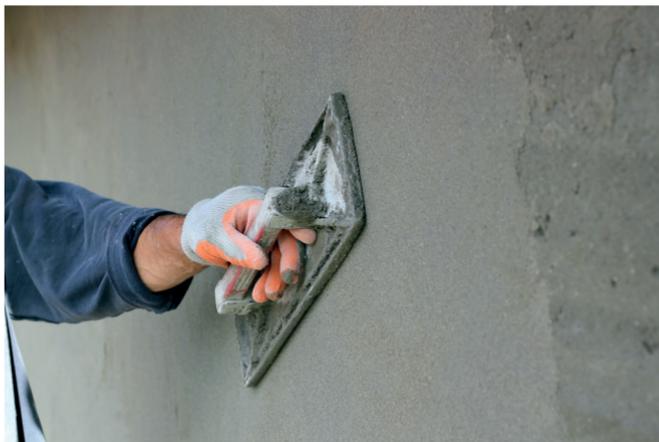
Fonte: Accorsi (2015).

O emboço é a camada de argamassa subsequente aplicada sobre o chapisco. A aplicação do emboço deve ser executada após transcorridos, no mínimo, sete dias da aplicação do chapisco. Essa argamassa representa a regularização da superfície, atingindo uma espessura medida de 2 a 4 cm. A forma de aplicação dessa argamassa foi abordada no item anterior.

A etapa final do revestimento de argamassa é o reboco, que representa uma camada de revestimento utilizada sobre o emboço, tendo a função de preparar a superfície para receber uma pintura ou um revestimento decorativo.

A espessura média do reboco é de 5 a 6 mm, sendo a regularização e alisamento da superfície realizado com desempenadeira e brocha. Neste processo, aplica-se a argamassa, realiza-se movimentos circulares com a desempenadeira e trabalha-se com a aplicação de água com a brocha de maneira a atingir uma superfície lisa e regularizada, conforme indicada na Figura 3.15.

Figura 3.15 | Acabamento da argamassa com reboco



Fonte: iStock.

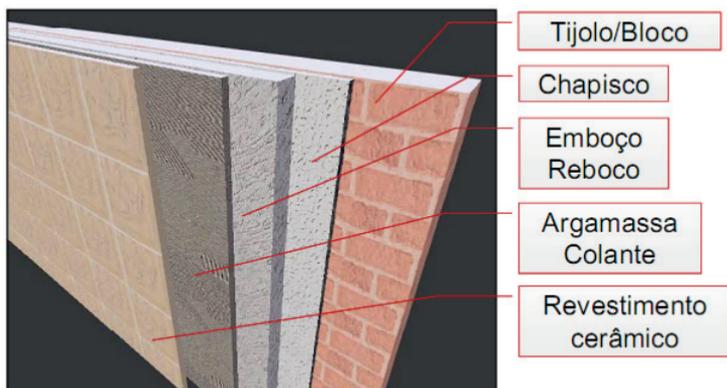
APLICAÇÃO DE CERÂMICA

Segundo Rebelo (2010), o revestimento cerâmico é composto por um sistema no qual seus elementos trabalham de forma a interagi-los com a base a qual se aderem.

O autor ainda cita que em um modo sistemático, analisando o modelo de camadas para revestimentos cerâmicos de paredes internas, podemos identificar cinco principais conjuntos de componentes: substrato ou base, camada de regularização ou emboço, camada de fixação – argamassa colante, peças do revestimento cerâmicas e as juntas (entre peças cerâmicas e painéis).

Na Figura 3.16, apresenta-se o sistema de revestimento cerâmico.

Figura 3.16 | Modelo das camadas do Sistema de Revestimento Cerâmico



Fonte: Rebelo (2010).

A argamassa colante, regida pela NBR 13755 (ABNT, 2017), é definida como uma mistura constituída de aglomerantes hidráulicos, agregados minerais e aditivos, que possibilita, quando preparada em obra com adição exclusiva de água, a formação de uma pasta viscosa, plástica e aderente.

A função da argamassa colante é garantir a adesão do revestimento cerâmico no reboco existente na parede. Além disso, no processo de aplicação dos revestimentos cerâmicos, também fazem parte os seguintes processos:

Disposição de juntas

Permitem o controle das movimentações da obra, diminuindo incidência de trincas e fissuras no revestimento. As juntas são espaços deixados entre duas placas cerâmicas ou entre dois painéis de paredes.

Rejuntamento

Refere-se ao preenchimento das juntas entre duas placas cerâmicas consecutivas, tendo a função de apoio e impermeabilização, além da

proteção das arestas das peças cerâmicas.

O tipo de argamassa de rejuntamento deve ser usado de acordo com o ambiente em que será aplicada.

De forma sistêmica, a aplicação das cerâmicas consiste nas seguintes etapas:

1. Preparo da argamassa colante.
2. Colocação das placas cerâmicas.
3. Execução das juntas.
4. Cura.
5. Limpeza.

O preparo da argamassa pode ser realizado de forma manual ou utilizando misturador. O processo consiste na adição de água especificada sobre o produto e mistura até que a mesma fique homogênea. A argamassa preparada deve ficar em repouso pelo período de tempo indicado na embalagem, sendo o tempo de trabalho com o produto não deve ser superior a 2h30min.

O método de aplicação da argamassa colante depende da área da placa cerâmica a ser assentada, sendo:

- Cerâmicas com área $\leq 400 \text{ cm}^2$: a aplicação da argamassa é somente na parede, estando a peça cerâmica limpa e seca para o assentamento.
- Cerâmicas com área $\geq 400 \text{ cm}^2$: a argamassa é aplicada tanto na parede e na própria peça (dupla colagem). A desempenadeira dentada forma cordões que entre as superfícies devem se cruzar em ângulo de 90° , e a cerâmica deve ser assentada de tal forma que os cordões estejam perpendiculares entre si.

Na colocação das peças cerâmicas na alvenaria, os cordões de argamassa colante devem ser totalmente esmagados (camada uniforme) e permitindo o contato pleno da argamassa com todo o verso da peça. A espessura da camada final de argamassa é de 5 a 6 mm.

As placas cerâmicas devem ser colocadas, ligeiramente fora de posição, sobre os cordões de cola. O posicionamento da peça deve ser ajustado e o revestimento cerâmico é fixado por meio de um ligeiro movimento de rotação.

As juntas entre placas cerâmicas podem ser asseguradas com uso de espaçadores plásticos, os quais garantem a qualidade do alinhamento das juntas e a dimensão requerida entre peças.

A execução das juntas deve ser realizada após três dias de assentamento das placas. Após o preparo da argamassa de rejunte, deve-se proceder a aplicação com desempenadeira com base de borracha flexível. Após secagem inicial da argamassa, deve-se remover o excesso com pano, esponja ou estopa úmidos.

Após a execução das juntas deve-se realizar a limpeza de todo o revestimento cerâmico. Após esse processo, é necessário aguardar aproximadamente 15 dias de cura para que as reações físicas e químicas, que ocorrem com as argamassas, possam acontecer.



Vocabulário

Conheça o significado dos materiais e produtos:

Aderência: é a propriedade que permite ao revestimento resistir a tensões normais ou tangenciais na superfície de interface com o substrato.

Desempenadeira denteada: ferramenta utilizada para o espalhamento da argamassa adesiva. Possui um lado liso e um lado denteado, que permite a formação dos cordões de argamassa.

Desempenamento: é o acabamento final da argamassa ou alisamento da superfície.

Rejunte: preenchimento das juntas de assentamento, de preferência com argamassa de rejunte industrializado.

APLICAÇÃO DE PEDRAS NATURAIS

Os revestimentos com pedras naturais podem ser assentados sobre três tipos de base: emboço de argamassa, alvenaria ou concreto. O emboço deve estar curado há, no mínimo, 14 dias, sendo a mesma idade recomendada para as alvenarias, que podem ser de blocos vazados de concreto, blocos sílico-calcários ou de concreto celular. Para bases de concreto, devem ter superfície preferencialmente rústica, curada há pelo menos 28 dias (RODRIGUES e FILHO, 2009).

As bases de aplicação (substrato) devem estar preparadas para receber o revestimento em pedras naturais.

Usando como exemplo a aplicação usual sobre o revestimento de argamassa, a qual já foi preparada pelas etapas de chapisco, emboço e reboco, deve-se seguir como sequência a aplicação da argamassa colante ou adesiva.

Destaca-se que a norma NBR 13707 (ABNT, 1996) determina que:

Nos revestimentos de interiores com altura de até 2 m, as placas rochosas podem ser fixadas apenas com argamassa. Para alturas maiores e para o revestimento de exteriores, deve-se prever a utilização de grampos. Nos revestimentos de exteriores, com altura entre 3 e 15 m, é indicado o uso de grampos fixados em telas, preferencialmente eletrossoldadas, ancoradas convenientemente no suporte (Figura 3.17). Acima de 15 m de altura, recomenda-se a fixação por dispositivos metálicos (fachadas aeradas).



Figura 3.17 | Detalhes no assentamento de pedras naturais em revestimentos de parede. (A) Assentamento de pedra natural, (B) Detalhe de grampo de fixação e (C) Detalhe de inserte metálico



Fonte: Rodrigues e Filho (2009).



Pesquise mais

Conheça mais sobre revestimentos em pedras naturais lendo a bibliografia:

RODRIGUES, E.P, FILHO, E.P. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos**. São Paulo: ABIROCHAS, 2009.

Sem medo de errar

Vamos lembrar o problema proposto: supondo um caso prático, vamos imaginar que você, aluno, esteja trabalhando como engenheiro responsável de uma obra residencial. A etapa atual da obra envolve a escolha dos revestimentos que serão empregados nos ambientes internos e externos da edificação. Nessa fase, o contato com o cliente é frequente e envolve abordagens técnicas sobre a definição de quais materiais serão utilizados em cada local. Durante a etapa de execução da argamassa de revestimento na alvenaria interna da edificação, você verificou que o consumo de material está sendo maior do que o previsto inicialmente.

Vimos, nesta seção, que a espessura de revestimento do emboço está entre 2 a 4 cm de aplicação, tendo a função de regularizar as imperfeições da alvenaria. Para tanto, nessa situação, deve-se avaliar se, na execução, está sendo utilizada uma espessura maior do que a usual, sendo necessário uma maior atenção quanto ao aplicador no processo de preparo das mestras e prumo da parede.

Uma das formas de economizar o consumo de materiais é optar pela execução com emboço projetado, permitindo maior uniformidade de aplicação e garantia de qualidade final do revestimento.

Avançando na prática

Deslocamento de argamassa de emboço

Descrição da situação-problema

Suponha que você seja um engenheiro civil que está trabalhando em uma obra residencial e verificou que a equipe de execução apresentou uma velocidade de execução da obra em um prazo menor do que o estipulado, contudo, notou a ocorrência de deslocamentos nos últimos emboços executados recentemente.

Qual seria a origem deste problema?

Resolução da situação-problema

A ocorrência de deslocamento do emboço deve ter sua origem em duas situações, seja pela execução inadequada do chapisco, no qual a limpeza da superfície e a aplicação do chapisco e cura do mesmo devem ser respeitadas para garantia da aderência do emboço na alvenaria. Outro possível problema seria a não execução do chapisco, ocasionando em um possível deslocamento do revestimento de argamassa.

Em ambos os casos a forma de correção seria a remoção dos pontos da argamassa de revestimento que indicasse baixa aderência e recomposição local.

Faça valer a pena

1. O revestimento de argamassa é realizado segundo etapas específicas de aplicação de forma a garantir a aderência e qualidade do produto aplicado.

Assinale a alternativa que indica corretamente as etapas sequenciais de aplicação do revestimento de argamassa:

- a) Chapisco, reboco e emboço.
- b) Emboço, chapisco e reboco.
- c) Chapisco, emboço e reboco.
- d) Chapisco e reboco.
- e) Emboço e Reboco.

2. O processo de preparo das argamassas de regularização (emboço) faz-se necessária para regularização das imperfeições da alvenaria aplicada nas paredes.

Quais são os tipos de chapisco e emboço que tornam o processo de aplicação em obra mais ágil?

- a) Chapisco comum e emboço projetado.
- b) Chapisco rolado e emboço comum.
- c) Chapisco projetado e emboço projetado.
- d) Chapisco rolado e emboço comum.
- e) Chapisco projetado e emboço rolado.

3. O uso de revestimentos em pedras naturais requer atenção em virtude do peso do elemento assentado, para tanto cuidados especiais devem ser tomados no assentamento das peças.

Quais cuidados devem ser tomados em revestimentos em pedras realizadas em ambientes internos?

- a) Assentamento somente com argamassa colante.
- b) Utilização de argamassa polimérica no assentamento das peças.
- c) Para a altura de 2m o assentamento pode ser realizado sobre argamassa, acima disso deve-se utilizar grampos nas placas de revestimento.
- d) Podem ser assentados com argamassa comum 1:3.
- e) Não existem restrições quanto à altura de assentamento de placas de revestimento rochoso.

Seção 3.3

Patologias dos revestimentos

Diálogo aberto

Caro aluno,

Na seção anterior, você conheceu as etapas de execução dos revestimentos e, nesta seção, irá estudar sobre as principais patologias identificadas em revestimentos, que podem ser identificadas durante a execução ou após o término da mesma.

Supondo um caso prático, em que você, aluno, esteja trabalhando como engenheiro de uma empresa de inspeção predial e foi acionado para verificar problemas em revestimentos de uma obra recém-construída. Durante a inspeção foi identificado problemas de deslocamento do piso (Figura 3.21) e, na região onde houve exposição da base da argamassa de regularização, foi notado aplicações pontuais de argamassa de revestimento, conforme indicado na Figura 3.18. Você precisa descrever no relatório técnico a causa dessa patologia e qual correção a ser tomada.

Figura 3.18 | Patologia identificada na inspeção predial. Detalhe na argamassa de regularização do piso



Fonte: <<http://100pepinos.com.br/para-o-piso-nao-soltar/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

Aluno, vamos juntos conhecer os tipos de patologias existentes em revestimentos e descobrir como resolver os problemas identificados na obra.

Não pode faltar

As patologias em revestimentos ocorrem na estrutura em uso, tem origem em material empregado, em mão de obra que executou o serviço e em erro na especificação da aplicação do revestimento.

Dentre as patologias que serão abordadas iremos descrever sobre os descolamentos, fissuras, manchas e problemas de umidade em revestimentos.

DESCOLAMENTOS DE REVESTIMENTOS

Esta patologia pode ocorrer em pisos e em paredes internas. A origem do problema pode ser ocasionada por movimentação da estrutura, pela dilatação entre placas cerâmicas com decorrente falta da junta e até mesmo por um erro no preparo da argamassa colante (uso de água além do especificado pelo fabricante).

Nas Figuras 3.19 a 3.20, são ilustrados tipos de deslocamentos identificados em edificações.

Figura 3.19 | Destacamento de revestimento cerâmico de fachada



Fonte: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/destacamento-das-placas-e-a-principal-patologia-dos-revestimentos-ceramicos_13650_10_0>. Acesso em: 17 dez. 2017.

O tempo de trabalho da argamassa colante é fundamental, pois, por tratar-se de uma mistura cimentícia, precisa atender o tempo requerido de trabalho de 2h30min. Após este período, são iniciadas as reações na mistura e algumas propriedades são comprometidas, tais como a aderência e a resistência. Na figura 3.20 apresenta-se o destacamento decorrente da argamassa colante.

Figura 3.20 | Destacamento típico de “tempo em aberto” da argamassa colante vencido



Fonte: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/destacamento-das-placas-e-a-principal-patologia-dos-revestimentos-ceramicos_13650_10_0>. Acesso em: 17 dez. 2017.

Outro aspecto importante é a presença de juntas de dilatação no piso para evitar que a deformação da estrutura crie tensões no revestimento e gere deslocamentos e rupturas no piso, conforme apresentado na Figura 3.21.

Figura 3.21 | Destacamento de piso cerâmico



Fonte: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=2034>>. Acesso em: 17 dez. 2017.



Refleta

O que pode também contribuir para a ocorrência do deslocamento de piso cerâmico?

- Especificação incorreta da placa cerâmica ou não obediência à especificação definida para a placa cerâmica.

- Especificação incorreta do rejunte.
- Dosagem ou traço incorreto da argamassa de assentamento.
- Erro de aplicação no assentamento.
- Assentamento do revestimento sobre base (emboço) preparada inadequadamente: cura incompleta, com bolor, poeira, argamassa do emboço fraca (baixa resistência).
- Presença de outras patologias, como umidade provocada por vazamentos e infiltrações nas paredes onde estão assentadas as cerâmicas.
- Movimentação do substrato (estrutura e alvenaria).
- Falta de juntas de movimentação no revestimento.

Em revestimentos de argamassa, o emprego de materiais adequados e o atendimento quanto à execução correta do chapisco é essencial para que existam condições de aderência do revestimento à base.

A Figura 3.22 nos mostra o possível deslocamento de revestimento aplicado sem chapisco. A função do chapisco é permitir um aumento na aderência em blocos cerâmicos, onde há a penetração da nata no aglomerante nos poros da base e endurecimento subsequente.

Dessa forma, a textura e a capacidade de absorção da base são importantes para garantia de um chapisco bem executado.

Figura 3.22 | Destacamento de revestimento de argamassa por falha de execução do chapisco



Fonte: <<http://www.jornalterceiravia.com.br/2017/08/14/teto-de-sala-de-creche-desaba-no-distrito-de-conselheiro-josino-em-campos/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

Segundo Camacho et.al (2016), podem ocorrer deslocamentos de revestimentos de argamassa em situações em que ocorre a ligação entre a alvenaria estrutural e o concreto armado, por exemplo, regiões comuns de desprendimentos são verificadas, como se pode observar na Figura 3.23.

Figura 3.23 | Regiões mais comuns dos desprendimentos de emboço em ligações de alvenaria estrutural de blocos cerâmico e concreto armado



Fonte: Camacho et.al (2016, p.111).

FISSURAS EM REVESTIMENTOS

A ocorrência de fissuras em revestimentos de argamassa pode ter origem por condições externas e internas. As condições externas podem estar associadas a movimentações térmicas (Figura 3.24), sobrecargas na estrutura e deformações de elementos de concreto armado (Figura 3.25A).

Ao passo que as ações internas envolvem os materiais componentes da argamassa aplicada, sendo oriunda do efeito de retração (Figura 3.25B) e até mesmo interações químicas entre os constituintes desta argamassa ou mesmo entre compostos do cimento e dos tijolos ou blocos que compõem a alvenaria. Exemplos de interações químicas em argamassas:

- Reação de sulfato do meio ambiente ou do componente da alvenaria com o cimento da argamassa.

- Hidratação retardada da cal dolomítica usada na argamassa de assentamento.

Figura 3.24 | Fissura em revestimento por movimentação térmica



Fonte: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>>. Acesso em 18 dez. 2017.

Figura 3.25 | Fissura argamassa de revestimento. (A) Possível fissura por movimentação da estrutura e (B) Fissuras de retração em argamassa



Fonte: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=2066>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

As ocorrências de fissuras em revestimentos cerâmicos são menos comuns, pois ocorrem embaixo das placas, podendo gerar o destacamento. A sua ocorrência indica que a estrutura não foi corretamente projetada e executada para absorver as movimentações da base (alvenaria/estrutura). Na Figura 3.26, ilustra-se a ocorrência de fissura em revestimento cerâmico em uma fachada predial.

Figura 3.26 | Fissuras em revestimentos cerâmicos de fachada predial



Fonte: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/revestimento-ceramico-exige-cuidados_6088_10_0>. Acesso em: 18 dez. 2017.



Pesquise mais

Conheça sobre patologias em revestimentos de argamassa na bibliografia:

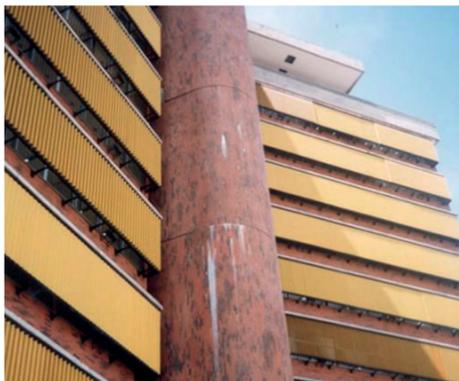
SEGATTI, G. T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa:** estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS). 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

Segundo Rod (2011), as manchas em revestimentos podem ser causadas por eflorescências, bolor, mancha d'água e manchas decorrentes do tempo de uso.

Os casos de eflorescência sem revestimentos cerâmicos ou de pedras de fachada é uma patologia muito comum, sendo sua origem associada à percolação de água pela fachada ou infiltração de água e deposição de sais solúveis na superfície. A reação de carbonatação gera a formação de carbonato de cálcio como produto, que são as manchas esbranquiçadas, chamadas de eflorescências.

Na Figura 3.27, apresentam-se manchas ocasionadas pela ação do vento e da água da chuva com incidência direta em uma fachada predial.

Figura 3.27 | Eflorescência em fachada revestida por placas cerâmicas



Fonte: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=2066>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

A patologia de manchamento ocasionada pela presença de fungos e algas na argamassa do rejunte é gerada pela utilização de argamassa com porosidade elevada e sem a adição de agentes resistentes a estes microorganismos (CICHINELLI, 2006). A formação dos fungos, também conhecida como bolor, tem sua origem pela presença de umidade do ambiente que proporciona a umidade da argamassa de rejunte, conforme apresentado na Figura 3.28.

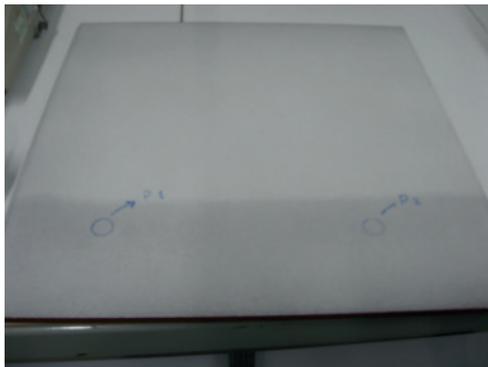
Figura 3.28 | Manchamentos por fungos em argamassa de rejunte de pisos cerâmicos



Fonte: iStock.

A mancha d'água em revestimentos cerâmicos refere-se à alteração da tonalidade em revestimentos cerâmicos devido ao manchamento abaixo do esmalte, na camada engobe, que é a camada entre o esmalte e a cerâmica (QUINTEIRO et.al., 2010).

Figura 3.29 | Mancha d'água em revestimento cerâmico



Fonte: Monte (2008, p. 53).

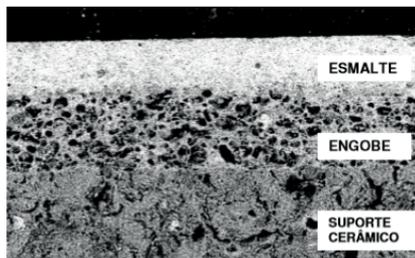
O efeito da mancha d'água em revestimentos é manifestada em ambientes com presença de umidade, sendo a água alojada na camada do engobe. Esse efeito desaparece quando as peças são secas em estufa ou queimadas.



Vocabulário

Engobe: é uma cobertura intermediária aplicada entre o corpo cerâmico cru ou queimado e o esmalte, conforme indicado na Figura 3.30. É constituído por uma mistura de argilas, caulins, materiais não plásticos como quartzo, feldspatos, sienitas, fritas fundentes, etc e, algumas vezes, corantes cerâmicos. (BORASCHI, 1996).

Figura 3.30 | Imagens ilustrativa das camadas que constituem o revestimento cerâmico esmaltado, obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV)



Fonte: Monte (2008, p. 43).

PROBLEMAS RELACIONADOS À UMIDADE

O efeito da umidade em revestimentos prejudica a vida útil e afeta o acabamento, gerando um desconforto visual e indicando uma necessidade de correção.



Assimile

A umidade que ocorre em edificações pode ser proveniente de:

Intemperismo: quando, por exemplo, a água da chuva penetra pela fachada ou pela cobertura, penetrando em caso de fachadas por fissuras em revestimentos de argamassa.

Condensação: ocorre em ambientes internos que geram vapor úmido, como em cozinhas e banheiros. Acontece quando a condição de umidade e temperatura atmosférica permite que a água se condense sobre a superfície de paredes e há uma ventilação inadequada no ambiente.

Capilaridade: problema gerado quando a parede está inadequadamente ligada com as vigas de fundação (baldrame), estabelecendo contato com o solo. Este problema é gerado pela falta de impermeabilização em baldrames.

Infiltração: acontece quando a umidade atinge diretamente a parede, sendo muito comum em ambientes enterrados — subsolos em geral — projetados sem prevenção ao lençol freático do lado de fora.

O efeito da umidade gera formação de fungos em revestimentos de argamassa, conforme indicado nas Figuras 3.31 e 3.32.

Figura 3.32 | Efeito da umidade em parede externa



Fonte: <https://www.researchgate.net/figure/311111738_fig2_Figura-2-Machas-fissuras-e-deslocamento-do-revestimento>. Acesso em: 18 dez. 2017.

Figura 3.32 | Detalhe da formação de fungos no revestimento de argamassa



Fonte: <https://www.researchgate.net/figure/311111738_fig2_Figura-2-Machas-fissuras-e-deslocamento-do-revestimento>. Acesso em: 18 dez. 2017.

Conforme já vimos anteriormente, a umidade pode gerar deslocamentos em revestimentos de argamassa e formação de eflorescências. A tratativa dessas patologias é eliminar esse efeito por meio de produtos de impermeabilização que permitam evitar o contato do revestimento com a água, garantindo a manutenção da vida útil do mesmo e a estética da obra.



Exemplificando

Aluno,

O desafio para você na vida profissional é entender a origem de problemas de umidade que são muito comuns em edificações.

Um exemplo comum são as falhas na impermeabilização de vigas baldrames em construções. Para esse processo, deve-se obrigatoriamente realizar o emprego de um produto impermeabilizante que seja compatível à utilização, nesse caso, sugere-se o uso de tintas asfálticas que tem contato somente com o solo e não são expostas ao tempo.

Quando não há esse cuidado na aplicação do produto, as manchas de umidade são similares às indicadas na Figura 3.32, podendo até mesmo haver deslocamentos de revestimentos em argamassa na região do rodapé.

Sem medo de errar

No caso prático em que você, aluno, esteja trabalhando como engenheiro de uma empresa de inspeção predial e foi acionado para verificar problemas em revestimentos de uma obra recém-construída. Durante a inspeção foi identificado problemas de deslocamento do piso e você precisa descrever no relatório técnico a causa dessa patologia e qual correção a ser tomada.

Na situação problema indicada, o efeito de deslocamento do piso indicado teve sua origem na forma de aplicação da argamassa assentamento. A forma correta da aplicação da argamassa é de forma espalhada em toda a placa de revestimento e não de forma pontual conforme verificada na Figura 3.18.

A recuperação consiste na remoção de todo o revestimento cerâmico e sua reaplicação de forma correta.

Avançando na prática

Título da nova situação-problema

Umidade em revestimento de argamassa.

Descrição da situação-problema

Suponha que você seja um engenheiro civil que está realizando uma inspeção em uma obra para reforma. Durante a avaliação dos ambientes, você verificou que, em um dos quartos da casa, uma das paredes apresentou manchas de umidade e fungos, gerando inclusive o desprendimento da argamassa de revestimento. Nessa situação qual seria a origem deste problema e a forma de correção?

Resolução da situação-problema

O efeito de manchamento e até o deslocamento da argamassa, deve-se à presença de umidade na alvenaria de vedação. A origem pode estar associada a um encanamento embutido que tenha vazamento. Nesse caso, a solução seria a quebra da parede, o reparo do cano com um teste de pressão para verificar se não há mais vazamento e a recomposição da argamassa.

Outra origem do problema seria a ocorrência da umidade por capilaridade, decorrente da má execução da impermeabilização da viga baldrame. Nesse caso, para resolver esse problema você deverá “descascar” toda a parede (aproximadamente 90cm de altura) e empregar uma argamassa polimérica impermeabilizante. Diversos produtos impermeabilizantes estão disponíveis no mercado e existem especificações diversificadas para cada produto.

Faça valer a pena

1. As patologias em obras prediais associadas a revestimentos geram um grande desconforto visual, sendo oriundas por falhas técnicas de execução, erros na especificação do revestimento e até mesmo na ocorrência de sobrecargas não previstas na estrutura.

Qual dos itens pode ocasionar o deslocamento de revestimentos cerâmicos?

- a) Aplicação de produtos de limpeza em revestimento.
- b) Ação de desgaste superficial nos elementos.
- c) Tempo prolongado de aplicação da argamassa colante.
- d) Intemperismo no revestimento cerâmico.
- e) Falta e umidade no ambiente que foi assentado o piso cerâmico.

2. A ocorrência de fissuras em revestimentos de argamassa pode ter sua origem de ações internas e externas. As internas são pertinentes aos materiais componentes da argamassa e sua interação com a alvenaria e as externas a ação da estrutura da edificação em trabalho.

Qual dos itens abaixo indica a origem de fissuras em revestimentos de argamassa por ações internas?

- a) Sobrecargas na estrutura.
- b) Retração da argamassa.
- c) Movimentação de acomodação da estrutura.
- d) Efeito de esforços de vento.
- e) Ação movimentação térmica.

3. Uma das patologias comuns em fachadas prediais são manchamentos em revestimentos cerâmicos, caracterizado pela formação de manchas esbranquiçadas entre placas.

Qual o nome técnico das manchas esbranquiçadas e a reação química associada a esta patologia?

- a) Eflorescência e carbonatação.
- b) Fluorescência e carreamento.
- c) Empolamento e hidratação.
- d) Flósculos e carbonatação.
- e) Etringita e hidratação.

Referências

ACCORSI, C. L.; Comparativo do desempenho de revestimento argamassado e revestimento com pasta de gesso. **Revista Especialize On-line**. 10. ed.. v. 1. Goiânia: IPOG, 2015.

AECweb. **Destacamento das placas é a principal patologia dos revestimentos cerâmicos**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/destacamento-das-placas-e-a-principal-patologia-dos-revestimentos-ceramicos_13650_10_0>. Acesso em: 17 dez. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13755: **Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante** - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento. ABNT: Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 13749: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas** - Especificação. ABNT: Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 13867: **Revestimento interno de paredes e tetos com pasta de gesso** – Materiais, preparo, aplicação e acabamento. ABNT: Rio de Janeiro, 1997.

BORASCHI, E.; CUNHA, L.J.V.; VIVONA, D. Engobes: Características e aplicações, **Revista Cerâmica Industrial**. v. 1, n.1, p. 31-33, 1996.

CAMACHO, J. S.; DORNELLES, V. P.; PARSEKIAN, G. A.; FELIPE, A.S. Aderência de revestimentos em paredes de blocos cerâmicos com função estrutural. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 109-119, abr./jun. 2016.

CECCHINI, M. **Gesso ou Reboco?**. Disponível em: <<http://dicasdaarquitectura.com.br/index.php/2009/12/29/gesso-ou-reboco/>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

CICHINELLI, G. Patologias cerâmicas: porque ocorrem deslocamentos e trincas e revestimentos com cerâmicas e quais as recomendações de especialistas para evitar problemas. In: **Revista Técnica**. n. 116, p. 44-50, 2006.

CURVELLO, M. Teto de sala de creche desaba no distrito de Conselheiro Josino. **Jornal online Terceira Via**, 2017. Disponível em: <<http://www.jornalterceiravia.com.br/2017/08/14/teto-de-sala-de-creche-desaba-no-distrito-de-conselheiro-josino-em-campos/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

FALCÃO BAUER, L. A. **Materiais de Construção** – Vol. 2. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

FRASCÁ, M.H.B. de O. Caracterização tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso. In: III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, **Anais...** Recife-PE.

Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. Cerâmica soltando: Diagnóstico, causas e recuperação. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=2034>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

_____. **Patologias em argamassas vão além das fissuras**. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=2066>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

JUNIOR, J. F. **Revestimentos em argamassa e gesso**. Notas de aulas. UFPR - Departamento de Construção Civil II. 2009.

LEGGERINI, M. R. C.; AURICH, M. **Materiais, técnicas e estruturas I**. Notas de Aula. PUCRS, 2010.u

MONTE, M. V. R.C. **Avaliação de engobes no aparecimento de mancha d' água em revestimentos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MORETTI, I. **Piso de porcelanato para sala e cozinha**: Confira modelos e dicas. Disponível em: <<https://casaefesta.com/piso-de-porcelanato-para-sala-e-cozinha-confira-modelos-e-dicas/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

NAKAMURA, J. **Aplicação mecanizada de gesso ajuda construtora a reduzir atrasos na construção de torre residencial no Distrito Federal e a obter ganho de produtividade em torno de 30%**. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/157/artigo319710-1.aspx>>. Acesso em: 23 nov.2017.

PINI. Trinca ou fissura? **Revista téchne**. Edição 160 – Jul. 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-qualis-os-tipos-285488-1.aspx>>. Acesso em 18 dez. 2017.

QUINTEIRO, E; MENEGAZZO, A.P.M; PASCOAL, J.O, GILBERONI, C., TEIXEIRA, O.N. Manchamento do engobe em placas cerâmicas esmaltadas para revestimento - parte 1: mancha água. In: **Cerâmica Industrial**, v.15, n.3, p.19-23, 2010.

REBELO, C.R. **Projeto e execução de revestimento cerâmico** - interno. 2010. Trabalho de conclusão de curso (especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2010.

ROD, A.B.. **Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos**: análise de frequência de ocorrência em áreas internas de edifícios em uso em Porto Alegre. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

RODRIGUES, E.P, FILHO, E.P. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos**. São Paulo. ABIROCHAS, 2009.

SEGATTI, G.T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa**: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SZLAK, B., TANIGUTI, E., NAKAKURA, E., MOTA, E., BOTTURA, M., FRIGIERI, V. **Manual de Revestimentos**. São Paulo. ABCP, 2013.

SILVA, F.B. Revestimento Monocapa para fachadas. **Revista Techne**, 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/164/revestimento-monocamada-para-fachadas-286768-1.aspx>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

TAMAKI, Luciana. **Revestimento crítico**. São Paulo: Revista Técnica, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Reboco Projetado**. ESO. Porto Alegre: UFRGS, 2013. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=1548>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

ZULIAN, C. S.; DONÁ, E. C.; VARGAS, C. L. **Revestimentos**. Notas de aula da disciplina construção civil - Curso de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002.

Materiais de acabamento

Convite ao estudo

Caro aluno, seja bem-vindo à última unidade da disciplina de Materiais de Construção Civil III! Dando continuidade à Unidade 3, vamos nos aprofundar nos materiais de acabamento, que são aqueles utilizados na fase final de uma construção. Conforme já estudamos, essa etapa consiste na colocação de pisos, forros, louças sanitárias, esquadrias, execução da pintura, aplicação de azulejos, revestimentos, entre outras atividades de finalização de uma construção. A fase de acabamento pode ser uma das mais caras da obra, uma vez que há uma vasta gama de materiais destinados a uma mesma função, e os preços podem variar conforme o padrão escolhido.

Note que escolher materiais mais baratos não é garantia de baixo custo, pois isso pode implicar a utilização de produtos de baixa qualidade, o que demanda manutenção ou reposição em um curto período de tempo. A mão de obra que você, como engenheiro, contratar para realizar esses reparos ou a substituição dos materiais pode gerar um maior custo ao longo da vida útil da construção. Por outro lado, as opções mais caras podem ser inadequadas ou mal aplicadas, também implicando baixa durabilidade e retrabalho. Como consequência, também pode haver aumento do custo.

Imagine, por exemplo, que uma empresa de engenharia construirá dois edifícios para uma indústria. O setor administrativo da empresa será alocado na Torre B, que será uma edificação nova. A planta de produção já está instalada na Torre A e será reformada e ampliada. Você, como engenheiro responsável pela obra, precisará orçar, comprar e aplicar os

produtos que devem ser aplicados durante a obra, inclusive na fase de acabamento. Entenda a importância de conhecer as propriedades dos materiais: adquirir competência técnica para especificar e utilizar os produtos adequados para cada aplicação particular, visando garantir a qualidade e a durabilidade das edificações com o menor custo possível.

Para facilitar a aprendizagem, a unidade de materiais de acabamento está dividida em três seções. Na Seção 1, você entenderá quais são as aplicações, como são obtidas e quais são as rochas de acabamento mais comuns na construção civil. Na Seção 2, você conhecerá as tintas e os vernizes utilizados em fachadas e pisos. Por último, na Seção 3, serão discutidas as aplicações e características dos vidros e plásticos utilizados como materiais de construção.

Seção 4.1

As rochas utilizadas na engenharia

Diálogo aberto

Caro aluno, você já sabe especificar, desenvolver e realizar o controle tecnológico de concretos e argamassas, ou seja, você já pode definir os materiais estruturais e de revestimento de uma obra. Conforme já abordado na Unidade 3, a última etapa da obra é a fase de acabamento, uma das partes que mais envolve os clientes e proprietários das edificações, pois esse é o momento de eles escolherem os detalhes finais dos imóveis.

Além de desenvolver projetos estruturais e complementares, o engenheiro pode ser o responsável técnico pela execução da obra. Assim, é você quem deverá garantir que os serviços sejam executados de maneira correta e que os materiais escolhidos sejam adequados a cada aplicação específica.

Na prática, seu cliente escolheu uma fachada revestida com rochas ornamentais para o prédio administrativo de sua empresa. Você precisa saber quais são as propriedades que as rochas utilizadas em fachadas devem apresentar para que possa identificar quais materiais, entre os disponíveis em sua região, podem ser aplicados nessa situação. Prazos de entrega, disponibilidade e preços são diretamente influenciados pelo processo de extração e beneficiamento de rochas. Conhecê-los possibilita realizar a escolha mais adequada técnica e economicamente.

Não pode faltar

As rochas são corpos sólidos naturais resultantes de processos geológicos, constituídas de um ou mais minerais, dependendo da temperatura e pressão a que foram expostas durante suas formações. As rochas podem ser classificadas em (PETRUCCI, 1973):

- **Rochas ígneas ou magmáticas:** são provenientes do magma e podem se formar em duas condições de temperatura e pressão:
 - **Rochas plutônicas ou intrusivas:** são formadas a grandes profundidades, sob elevadas pressões e temperaturas. Nesse caso, os minerais tiveram tempo para se formar e, por isso, são relativamente grandes. Exemplos: granitos, gabros, sienitos, dioritos.
 - **Rochas vulcânicas ou extrusivas:** são formadas sob altas temperaturas, mas sob baixa pressão. Nesse tipo de rocha, os minerais apresentam tamanho reduzido por causa do rápido resfriamento do magma. Exemplos: riólitos e basaltos.
- **Rochas sedimentares:** são formadas a partir da desagregação ou decomposição de outras rochas. Por erosão, as rochas são desgastadas e desagregadas. Esses detritos e sedimentos são transportados pelo vento ou pelas águas (mares e rios) e acumulados em determinados lugares, onde se decompõem e formam as rochas sedimentares. Exemplo: arenito.
- **Rochas metamórficas:** são derivações de rochas já existentes sob variadas condições de temperatura, pressão e umidade. Exemplos: mármore, quartzo, gnaiss, ardósia e filito.

Uso de rochas como material de construção

Na construção civil, as rochas podem ser aplicadas como: maciços de fundação; alvenarias ou cantarias, por meio da associação de blocos secos ou argamassados; pavimentação (paralelepípedos ou lajotas); agregados para lastro de ferrovias ou para concreto; colunas estruturais maciças; revestimento de pisos, escadas, paredes, fachadas; bancadas de pias e lavatórios; móveis e tampos; peças de decoração; arte funerária (ALENCAR, 2013; SILVA, 2014).

Para serem utilizadas como material de acabamento, as rochas naturais precisam ser submetidas a processos de beneficiamento, resultando nas denominadas rochas ornamentais ou pedras de revestimento, conforme NBR 15012 (ABNT, 2013). Para que possam ser comercializadas e aplicadas, devem atender a determinados requisitos prescritos pelas seguintes normas técnicas:

- NBR 15012 (ABNT, 2013): Rochas para revestimentos de edificações – Terminologia.
- NBR 15844 (ABNT, 2015): Rochas para revestimento – Requisitos para granitos.
- NBR 15845 (ABNT, 2015): Rochas para revestimento – Partes 1 a 8.



Assimile

As rochas ornamentais são provenientes da extração e do preparo de um material rochoso natural. Em geral, são utilizadas com funções estéticas, como na execução de monumentos, esculturas, artes funerárias, bancadas, colunas e revestimento de fachadas e pisos. Por isso, as rochas ornamentais são consideradas materiais de acabamento da construção civil. Diferem-se do material pétreo natural por passarem por um processo de preparação para posterior aplicação, ou seja, as rochas ornamentais são as rochas naturais após o processo de beneficiamento.

Obtenção de rochas para a construção civil

O método de obtenção de pedras de acabamento pode variar conforme a origem do material extraído, o tipo de manufatura e a posterior utilização, por causa dos diferentes planos de clivagem (planos preferenciais de ruptura) que cada rocha apresenta. A extração também é influenciada pelas condições topográficas da pedreira, como posição e profundidade do terreno. Em geral, a extração é realizada a céu aberto, pois o processo subterrâneo é muito custoso em relação ao valor agregado da rocha ornamental e não justifica financeiramente tal intervenção (SILVA, 2014). A exploração e o processamento podem ser resumidos nas seguintes etapas (FRASCÁ, 2010):

1. **Prospecção de mercado e pesquisa tecnológica:** primeiramente, são localizadas geológica e geograficamente rochas que atendam aos critérios tecnológicos e estéticos demandados pelo mercado. Nessa etapa, são realizados ensaios laboratoriais e estudos com amostras para verificar a qualidade do material e a aceitação do consumidor. Quando as características necessárias são atendidas e há viabilidade

técnico-econômica do processo de lavra, são solicitadas licenças para extração junto ao Ministério das Minas e Energia (MME) e Ministério do Meio Ambiente (MMA).

- 2. Lavra:** é a remoção de material útil dos maciços rochosos. Nessa etapa são produzidos blocos comerciais com dimensões e características estéticas específicas e definidas conforme a necessidade de mercado, não contendo fraturas ou descontinuidades. A lavra é realizada com o uso de fios diamantados e auxílio de marteletes, explosivos ou massas expansivas.
- 3. Processamento:** consiste em cortes realizados nos blocos lavrados para a obtenção dos produtos acabados (tampos de balcões, coberturas de bancadas etc.) ou semiacabados (chapas, placas ou ladrilhos).
- 4. Desdobramento dos blocos:** essa é a etapa de serragem do material rochoso em chapas lamelares e retangulares, com dimensões de até 2,80 x 1,50 m² e espessura máxima de 40 mm. As dimensões ideais variam conforme a origem da rocha e aplicação que será dada à placa (decoração, placas para áreas de acesso a pedestres, rodovias e ruas, entradas de garagem etc.). Essa etapa só é realizada para rochas semiacabadas.
- 5. Acabamento superficial:** além de função estética, essa etapa tem como objetivo garantir o atrito necessário conforme o uso da rocha ornamental. Os principais tipos de acabamento são: polido (plano, liso, lustroso e altamente refletivo); levigado (plano e não refletivo); serragem (mais rústico do que os padrões polido ou alisado); térmico (superfície rugosa); jato de areia (superfície finamente rugosa, um pouco mais clara do que a rocha sem acabamento); apicoado (superfície rugosa, com relevo de até vários milímetros); quebra (superfície de quebra natural, quando a rocha é retirada por meio de cunhas, arrancamento e quebra); e fratura natural (superfície de quebra natural, de acordo com os planos de clivagem da rocha).
- 6. Tratamentos de superfície:** nessa última etapa, são aplicados produtos químicos, em geral resinas poliméricas, para minimizar defeitos e realçar as cores das pedras de

acabamento. Rochas mais frágeis podem receber telas no tardo (fase tosca, oposta à acabada) como reforço. Os tratamentos superficiais também têm a função de aumentar a durabilidade das rochas, pois podem auxiliar na impermeabilização do material.



Pesquise mais

Existem diversos métodos de lavra (extração de maciços rochosos) a céu aberto, e a escolha leva em consideração aspectos sociais, econômicos e ambientais. Entre os principais procedimentos estão: bancadas, tiras e pedreiras. Para mais informações sobre os processos, consulte: <<https://tecnicoemineracao.com.br/metodos-de-lavra-a-ceu-aberto/>>. Acesso em: 6 jan. 2018.

Propriedades de engenharia e caracterização tecnológica

A NBR 15845 (ABNT, 2015), que apresenta diretrizes para a caracterização tecnológica de rochas para revestimentos de edificações, está dividida em oito partes. Ela apresenta como principais procedimentos os ensaios descritos a seguir:

- **Análise petrográfica:** consiste na descrição dos minerais componentes das rochas, por meio de observações macroscópicas e microscópicas, possibilitando a classificação em rochas ígneas ou magmáticas, sedimentares ou metamórficas. Por meio da petrografia também é possível identificar a existência e a intensidade de falhas e microfissuras.
- **Densidade aparente:** considera o volume aparente, ou seja, não desconta os vazios. Esse índice permite calcular o peso da rocha, importante parâmetro para o cálculo de cargas em edificações e de movimentação e transporte.
- **Porosidade aparente:** é a relação entre o volume de vazios e o volume total. Quanto maior o volume de vazios, maior é a porosidade aparente e, conseqüentemente, menor é a resistência mecânica.
- **Absorção d'água:** é a capacidade de incorporação de água pela rocha. A avaliação desse índice é fundamental, pois a penetração de determinados líquidos pode manchar as rochas. Além disso, fluidos contaminados em contato

prolongado e repetitivo com o material ornamental podem levar à deterioração e redução da durabilidade. A elevada absorção d'água também pode ser um indicador da suscetibilidade a problemas no caso de congelamento.

- **Resistência a gelo e degelo:** a água, diferentemente dos demais materiais em temperaturas de 0°C a 4°C, tem como característica o aumento de volume. Devido a essa propriedade, ela expande quando em forma de gelo, e são geradas tensões nos poros das rochas que contêm umidade. Esse processo reduz lentamente a resistência do material e pode levar até à sua completa desagregação. Em locais de clima frio ou de exposição a baixas temperaturas (como na presença de sistemas de refrigeração, por exemplo), as pedras de revestimento que apresentam grande quantidade de poros e alta absorção d'água ficam ainda mais suscetíveis ao enfraquecimento e à degradação precoce do material.
- **Coeficiente de dilatação térmica linear:** as rochas expandem e contraem com as mudanças de temperatura. Determinar esse coeficiente é importante para definir os espaçamentos que deverão ser utilizados durante os procedimentos de assentamento do material de revestimento.
- **Resistência à compressão uniaxial:** esse parâmetro é determinado para o dimensionamento de elementos estruturais, bem como para se obter um parâmetro indicativo da integridade física das rochas para sua utilização como revestimento de edificações. É necessário que a peça suporte seu peso próprio e, eventualmente, outras placas que possam estar apoiadas nela.
- **Módulo de ruptura:** esse parâmetro é avaliado por meio do ensaio de flexão por carregamento em três pontos e tem como objetivo avaliar a aptidão da rocha para uso em revestimento ou elemento estrutural, fornecendo como parâmetro um indicativo de sua resistência à tração.
- **Resistência ao impacto de corpo duro:** consiste em aferir a resistência da rocha ao impacto, determinada por meio da medição da altura de queda de um corpo sólido que provoca a ruptura do corpo de prova.

- **Resistência à flexão por carregamento em quatro pontos:** durante o transporte e a fixação das rochas ornamentais, as peças são submetidas a esforços de flexão. Para calcular a espessura mínima necessária para que as placas não quebrem ou fissurem, é necessário determinar a resistência à flexão por carregamento em quatro pontos, pois esses apoios são similares aos utilizados durante o transporte e após a fixação das peças das fachadas.

Rochas mais comuns utilizadas para revestimento

Os estados brasileiros que se destacam no beneficiamento de pedras de revestimento são Minas Gerais e, principalmente, Espírito Santo. As rochas mais exploradas são os granitos e os mármore. Em 2012, essas rochas foram responsáveis, respectivamente, por 49,5% e 18,2% da produção no país, enquanto os demais tipos (ardósia, quartzito, entre outros) somaram 32,3% (CHIODI FILHO, 2013 apud CHIODI FILHO; KISTEMANN, 2014).

A seguir, são apresentados os tipos mais comuns de rochas utilizados como material de revestimento na construção civil (FRASCÁ, 2010; ALENCAR, 2013; SILVA, 2014):

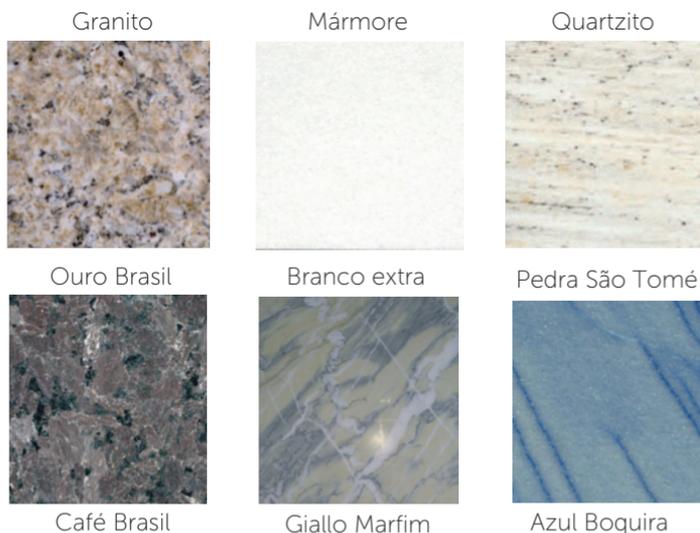
- **Granitos:** são rochas magmáticas de colorações variadas (branca, acinzentada, rosada, avermelhada, esverdeada, amarelada e acastanhada). Como os granitos apresentam maior uniformidade em termos de propriedades mecânicas se comparados a outras rochas, sua aplicação torna-se mais fácil e por isso acabam sendo os mais utilizados. É fortemente indicada a aplicação em pisos, uma vez que apresentam alto teor de quartzo, o que aumenta a resistência à abrasão. Também são resistentes a manchas, pois apresentam baixo índice de absorção d'água. Entretanto, podem apresentar pontos acastanhados pela oxidação da granada em certos tipos de granitos. Geralmente são aplicados em revestimento de paredes e pisos (internos e externos); nos detalhes decorativos (soleiras e rodapés); em elementos estruturais (pilares e colunas); em tampos de mesa e balcões de cozinha; em lápides; ou como pedras de construção, pavimentação e de arremates de guias de calçadas.

- **Basaltos:** são rochas magmáticas de coloração escura. São compactas e de alta resistência mecânica. Porém, pela ausência de quartzo na composição, apresentam baixa resistência à abrasão. Podem ser aplicadas em paredes e pisos, sendo famosas por serem as “pedras pretas” do “mosaico português”.
- **Mármore:** são rochas metamórficas que se apresentam em tons escuros e claros. Normalmente as tonalidades pastéis são utilizadas em interiores. Possuem baixa resistência à abrasão, o que restringe sua aplicação em pisos de alto tráfego. A resistência mecânica do mármore é inferior à do granito, bem como sua resistência a ácidos. Por isso, os mármore não devem ser aplicados em ambientes externos agressivos, como na presença de gases de combustão, maresia ou chuva ácida, sem aplicações de proteções superficiais e impermeabilização da rocha. Evita-se também a aplicação desse material em banheiros, balcões de cozinha e em locais onde são aplicados produtos de limpeza.
- **Quartzitos:** são rochas metamórficas encontradas em tons de branco, amarelo, rosa, verde e cinza. Possuem superfície áspera, alta resistência à abrasão e elevada absorção d’água, o que evita o acúmulo de água e facilita a drenagem. Como a superfície da rocha é áspera, o material torna-se antiderrapante. Ambas as características são adequadas para pisos externos. Os quartzitos também são adequados como material de revestimento de paredes, pois, como as cores são claras, há refração da luz solar, possibilitando que a rocha funcione como refratário térmico, o que evita o aquecimento excessivo dos ambientes.
- **Ardósias:** são rochas metamórficas de coloração preta e tonalidade acinzentada, esverdeada, azulada, acastanhada e avermelhada. Possuem de baixa a média resistência à abrasão, e a superfície de acabamento é escorregadia. Por isso, em geral são utilizadas em paredes, bancadas, tampos e em pisos não molhados. Como possuem piritas em sua composição, podem oxidar, provocando o aparecimento de nódulos castanhos. São rochas de baixo custo de extração e produção.



A Figura 4.1 apresenta seis exemplos de rochas ornamentais com seus respectivos nomes comerciais.

Figura 4.1 - Exemplos de rochas ornamentais



Fonte: adaptada de Mello et al. (2011).



A escolha pela utilização de uma rocha ornamental como material de acabamento é diretamente influenciada pela disponibilidade de matéria-prima na região e pelas condicionantes do mercado, como estoque, transporte, preço, dimensão, espessura e tratamento. Por isso, antes de escolher a rocha a ser utilizada, é necessário identificar as disponibilidades da região. Para obter mais imagens de rochas ornamentais e informações sobre disponibilidade, consulte o texto:

- CHIODI FILHO, C.; KISTEMANN, D. O setor de rochas ornamentais no Brasil. In: VIDAL, F. V.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. **Tecnologia de rochas ornamentais**: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1739/1/CCL00180014Cap10LivroRochas.pdf>>. Acesso em: 7 jan. 2018.

Assentamento de rochas ornamentais

As rochas ornamentais destinadas a pisos podem ser aplicadas sobre o contrapiso de argamassa desempenada ou diretamente sobre a base de concreto, rústica ou lisa. As peças destinadas a revestimentos verticais (fachadas e paredes) são assentadas em três tipos de base: emboço de argamassa, alvenaria ou concreto. Em ambos os casos, é importante garantir que a superfície esteja firme, seca, curada e limpa (livre de pó, poeira, oleosidade, graxas ou outros resíduos que impeçam a aderência das rochas ornamentais).

O assentamento pode ser realizado com quatro tipos de argamassa (ABIROCHAS, 2009):

- **Argamassa cimentícia convencional semisseca:** consistência seca do tipo "farofa". O traço sugerido, em volume, é 1:4 (cimento:areia). É utilizada apenas em revestimento horizontal.
- **Argamassa cimentícia convencional pastosa:** mais úmida que a semisseca, por isso possui consistência pastosa. O traço sugerido é 1:3 em volume. Utilizam-se aditivos para melhorar a trabalhabilidade e aderência. É utilizada apenas em revestimento vertical.
- **Argamassa colante:** para utilizar essa argamassa é necessário que a base não apresente irregularidades em relação à planeza. Caso haja irregularidades, é necessário utilizar uma argamassa niveladora, para somente então aplicar a rocha ornamental. Os traços sugeridos para o nivelamento são 1:3 e 1:4, em volume, e devem ser utilizados aditivos que melhorem a aderência entre argamassa colante e niveladora.
- **Argamassa adesiva:** argamassa industrializada polimérica, também conhecida como supercola. É a mais apropriada ao assentamento de rochas por sua alta resistência mecânica e rapidez na secagem. É necessário que a superfície esteja regular e nivelada.



Pesquise mais

Para fazer o acabamento das rochas ornamentais também são aplicadas argamassas de rejuntamento. Além disso, pisos e fachadas

podem ser aerados ou ventilados, isto é, podem não ser assentados diretamente à estrutura, mas sim fixados com peças metálicas que permitam a ventilação por trás das rochas. Para se aprofundar sobre a aplicação das rochas ornamentais, leia:

- CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E. P. **Guia de aplicação de rochas em revestimentos**. São Paulo: ABIROCHAS, 2009. Disponível em: <<http://www.sigmadobrasil.com.br/content/pdf/abirochas-Guia-de-Applicacao-de-Rochas-em-Revestimentos.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2018.



Refleta

As rochas duram para sempre? É necessário realizar manutenção em pedras de revestimento? São necessários cuidados com esse tipo de material? Saiba que o material está sujeito a diversas solicitações de uso que provocam diferentes problemas, principalmente devido à inadequação do material às condições de utilização (escolha equivocada); à poluição e chuvas ácidas; ao incorreto assentamento; e à aplicação de produtos de limpeza.

Sem medo de errar

Você, como engenheiro civil, deve saber especificar os materiais de acabamento de uma obra de acordo com cada aplicação específica. Os materiais que são adequados às paredes não são necessariamente indicados para o revestimento de pisos e calçadas, por exemplo. Para situações onde há tráfego de veículos ou pessoas, é necessário que o material tenha atrito e evite escorregamentos. Outra propriedade importante é a resistência à formação de manchas, para aumentar a durabilidade, e resistência à flexão, para garantir que as peças se mantenham íntegras mesmo com a sobrecarga inerente ao uso.

Então, se seu cliente optar por uma fachada com rochas ornamentais, para avaliar se o material é adequado à situação, não se esqueça de que é necessário determinar as seguintes propriedades:

- Análise petrográfica, também denominada petrografia.
- Índices físicos: densidade aparente, porosidade aparente e absorção d'água.
- Resistência ao gelo e degelo.
- Coeficiente de dilatação térmica linear.
- Resistência à compressão uniaxial.
- Resistência à flexão por carregamento em quatro pontos.

Os resultados dos ensaios deverão, então, ser comparados aos valores prescritos pela NBR 15844 (ABNT, 2015) e pelo “Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais” (ALENCAR, 2013).

Das rochas mais comuns utilizadas como materiais de revestimento e que foram abordadas nesta seção, as passíveis de serem aplicadas em fachadas são:

- Granitos.
- Basaltos, atentando ao fato de que são escuros e podem ser prejudiciais à manutenção da temperatura ambiente.
- Mármore: com aplicação de proteção superficial e impermeabilização devido à presença de poluição e, possivelmente, de chuva ácida.
- Quartzitos, com a vantagem de, pela coloração clara, refletirem a luz solar, possibilitando que a rocha funcione como refratário térmico, o que contribui para a manutenção da temperatura dentro da edificação.

Para avaliar se a rocha está disponível em sua região, você pode procurar por fornecedores locais ou, para uma informação mais generalista, consultar o texto “O setor de rochas ornamentais no Brasil” (CHIODI FILHO; KISTEMANN, 2014), que apresenta as principais aglomerações produtivas do setor de rochas no Brasil, conforme exposto no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 | Exemplos de rochas ornamentais

Região do Brasil	Aglomerações identificadas	UF
Sudeste	Pedra Paduana	RJ
	Ardósias Papagaio	MG

Sudeste	Mármore e Granitos Cachoeiro de Itapemirim	ES
	Granitos Nova Venécia	ES
	Quartzitos São Thomé	MG
	Granitos Baixo Guandu	ES
	Granitos Medina	MG
	Granitos Candeias – Caldas	MG
	Granitos Bragança Paulista	SP
	Quartzitos e Pedra-Sabão Ouro Preto	MG
	Quartzitos Alpinópolis	MG
Centro-Oeste	Quartzitos Pirenópolis	GO
Sul	Basaltos Nova Prata	RS
	Ardósias Trombudo Central	SC
Nordeste	Travertinos Orolândia	BA
	Granitos Teixeira de Freitas	BA
	Pedra Cariri	CE
	Pedra Morisca	PI

Fonte: adaptada de Instituto Metas (2002 apud CHIODI FILHO e KISTEMANN, 2014).

Se você e a obra em questão estiverem localizados no Estado de São Paulo, por exemplo, é provável que a opção mais interessante seja o granito, uma vez que há uma aglomeração produtora dessa rocha. Além disso, há grande proximidade com o Espírito Santo, maior produtor nacional de granito. Já na Região Centro-Oeste, a opção mais coerente – pois evitaria o custo de transporte – seria a aplicação de quartzito.

O processo de obtenção das rochas, de maneira sequencial, é constituído pelas seguintes etapas: prospecção de mercado e pesquisa tecnológica; lavra; processamento; desdobramento dos blocos (geralmente presente nos revestimentos de fachadas, que são aplicados em placas); acabamento superficial; e tratamentos de superfície.

Especificação técnica de revestimento para piso

Descrição da situação-problema

Caro aluno, você foi contratado como engenheiro civil por uma construtora de alto padrão localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais. Em uma das obras pelas quais você é o responsável técnico será construída uma piscina com deck. O casal proprietário já expôs ao arquiteto que gostaria de aplicar nesse deck uma pedra amarelada ou creme e que havia gostado tanto do granito quanto do quartzito. Qual das duas rochas ornamentais é a mais adequada? Justifique sua escolha técnica e economicamente.

Resolução da situação-problema

Você sabe que o granito é uma rocha de elevada resistência à abrasão devido a teores elevados de quartzo em sua composição. Essa característica é excelente para pisos, pois há tráfego de pessoas, o que pode gerar riscos e marcas no revestimento. Com a alta resistência à abrasão, esse desgaste é reduzido. Entretanto, o acabamento dos granitos normalmente é do tipo polido, ou seja, a rocha acabada é plana, lisa e lustrosa, o que pode ser prejudicial à segurança em torno da piscina, pois a área ficará constantemente molhada e, com isso, escorregadia. Já os quartzitos possuem superfície áspera, com alta resistência à abrasão e elevada absorção d'água, o que evita o acúmulo de água e facilita a drenagem. Como a superfície do quartzito é áspera, o material torna-se antiderrapante. Ambas as características do quartzito são adequadas para pisos em torno de piscinas. Além disso, a obra localiza-se em Minas Gerais, região que não possui aglomerados produtores de granito, e isso elevaria o custo dessa rocha ornamental. Portanto, considerando parâmetros técnicos e econômicos, a melhor opção para o piso é o quartzito.

Faça valer a pena

1. A extração das rochas pode variar conforme a origem do material extraído, o tipo de manufatura e sua posterior utilização. Em geral, é realizada a céu aberto, pois o processo subterrâneo é muito custoso em relação ao valor agregado da pedra de acabamento. Apesar de o processo variar, há etapas sequenciais que são inerentes a qualquer beneficiamento das rochas.

Assinale a alternativa que apresenta corretamente os processos sequenciais para a produção de rochas ornamentais.

- a) Prospecção de mercado e pesquisa tecnológica; lavra; processamento; desdobramento dos blocos; acabamento superficial; e tratamentos de superfície.
- b) Pesquisa tecnológica; lavra; processamento; desdobramento dos blocos; e acabamento de superfície.
- c) Prospecção de mercado e pesquisa tecnológica; processamento; desdobramento dos blocos; acabamento superficial; e tratamentos de superfície.
- d) Prospecção de mercado e pesquisa tecnológica; lavra; desdobramento dos blocos; processamento; acabamento superficial; e tratamentos de superfície.
- e) Prospecção de mercado; lavra; processamento; acabamento superficial; tratamentos de superfície; e pesquisa tecnológica.

2. Para a escolha e especificação de uma rocha ornamental para revestimento é necessário conhecer a aplicação (pisos, bancadas, fachadas) e as características do material a ser aplicado. Assim, é possível identificar se as propriedades são adequadas ao uso.

Qual é a importância de se medir e limitar a absorção d'água das rochas?

- a) Quanto menor a absorção, menor a resistência mecânica da rocha.
- b) Por meio da absorção é possível identificar falhas e microfissuras.
- c) Ao esquentar a água, existe um aumento de volume, o que pode causar tensões internas nas rochas.
- d) A penetração de fluidos pode dissolver compostos internos.
- e) A absorção é o parâmetro utilizado para determinar as dimensões das placas de rochas.

3. Em relação à aplicação da rocha de revestimento, é necessário avaliar determinadas características e identificar se o material é adequado ou não ao uso que se pretende. Avalie os itens apresentados a seguir:

I – Resistência à flexão

II – Resistência ao esmagamento

III – Absorção d'água

IV – Coeficiente de dilatação térmica

V – Relação água–cimento

Assinale a alternativa que indica corretamente os itens que devem ser analisados para a escolha de rochas ornamentais para piso.

a) I e V, apenas.

b) I, II e V, apenas.

c) I, II, III e IV, apenas.

d) I, II, III, IV e V.

e) I, III e IV, apenas.

Seção 4.2

Tintas e vernizes

Diálogo aberto

Caro aluno, na seção anterior você aprendeu sobre as rochas ornamentais, que são utilizadas como revestimento de fachadas e pisos. Há outros materiais que também podem ser aplicados nessas funções. Em uma obra, grande parte das atividades de acabamento está relacionada à pintura, uma vez que diversas áreas são finalizadas com tintas e vernizes, como paredes, pisos de quadras poliesportivas ou de estacionamentos, sinalizações de incêndio ou proteção de portas corta-fogo.

Observe que a pintura não possui apenas função estética, mas também de higiene e assepsia em hospitais e cozinhas; de sinalização e segurança em indústrias ou estacionamentos; de proteção por impermeabilização; e de controle de luminosidade e isolamento térmico, devido à reflexão da luz. As diferentes demandas, determinadas pelas áreas e funções, exigem distintas propriedades do material a ser utilizado.

Lembre-se de que você é o responsável pela execução de um prédio industrial e pela reforma de outro prédio. Assim, você precisa acompanhar a pintura dos pisos de concreto, fachada, também em concreto, e paredes internas, inclusive das áreas denominadas molhadas, que são todas de alvenaria revestida com argamassa (vestiários, cozinha e refeitório).

Para definir as tintas e os vernizes adequados, primeiramente é preciso identificar a finalidade de se pintar cada área da indústria para somente então determinar qual produto será utilizado, ou seja, é necessário saber se a pintura será destinada à coloração, impermeabilização, sinalização etc. Também é fundamental saber a diferença entre tinta e verniz e qual é o material da superfície que será pintada.

Note que é comum você, como engenheiro, procurar um mesmo produto para aplicá-lo em áreas distintas, como nas paredes internas e externas, por exemplo, pois assim as chances de os funcionários

aplicarem o material errado são reduzidas. Mas isso é possível? Será que a mesma tinta utilizada nas paredes internas pode ser aplicada em uma fachada? E nas áreas úmidas? São necessários cuidados ou produtos especiais? Daí a importância de você conhecer o uso e as características das tintas e dos vernizes: identificar, especificar e comprar os materiais adequados a cada aplicação específica.

Não pode faltar

As tintas e os vernizes são soluções líquidas que, ao serem aplicadas em uma superfície, resultam em um filme sólido, uniforme e aderente após a secagem (BAUER, 2008; LOH, 2010). Conforme Freire (2006), possuem as seguintes funções:

- **Estética e decoração**, conferindo cor e textura aos ambientes.
- **Facilitar a higienização de ambientes**, como hospitais, clínicas, consultórios e cozinhas.
- **Proteger as construções** por impermeabilização e resistência ao fogo.
- **Conferir segurança** por meio de sinalização e controle de luminosidade.
- **Contribuir para o conforto ambiental** por meio de isolamento térmico por reflexão da luz solar.

Quando destinados à construção civil, as tintas e os vernizes são classificados como imobiliárias, e geralmente a pintura é feita em paredes e pisos, diretamente no concreto ou na argamassa. As peças estruturais (de concreto, madeira ou metal) também podem ser pintadas, tanto por estética quanto por proteção (FARIA, 2015; PORTAL FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2018).

Qual a diferença entre tinta e verniz?

A norma NBR 12554: Tintas para edificações não industriais – Terminologia (ABNT, 2013, p. 7) define tinta como:



A composição química formada por uma dispersão de pigmentos em uma solução ou emulsão de um ou mais

polímeros, que, ao ser aplicada sobre uma superfície, transforma-se em um filme a ela aderente, com a finalidade de colorir, proteger ou embelezar.

Já o verniz é descrito como:

Revestimento orgânico, que, quando seco, forma um filme transparente, utilizado como acabamento, em ambientes interiores e exteriores, para proteção e decoração de superfícies de madeira, concreto, entre outros (ABNT, 2013, p. 7).



Constituintes básicos de tintas e vernizes

As tintas e os vernizes são compostos por uma resina (que é a parte sólida formadora da película aderente à superfície a ser pintada), um componente volátil (que pode ser um solvente orgânico ou água) e aditivos (responsáveis por características importantes e especiais da solução, tais como resistência a fungos e bactérias ou à radiação UV). No caso das tintas, também há presença de pigmentos, que conferem cor e brilho ao material (CETESB, 2006).

No Quadro 4.2 estão apresentadas as fases constituintes das tintas e dos vernizes e suas respectivas características e funções.

Quadro 4.2 | Constituintes das tintas e dos vernizes e suas características e funções

Constituinte	Características e funções
Resina	<ul style="list-style-type: none">• Também é denominada veículo não volátil.• É o polímero responsável por aglutinar as partículas de pigmento.• Confere a tintas e vernizes elasticidade e resistência à tração, ao intemperismo (radiação UV, água e poluentes), à abrasão e de aderência.• Normalmente, são aplicados resina alquídica (esmalte sintético), látex PVA ou látex acrílico.
Pigmento	<ul style="list-style-type: none">• Partículas finas entre 0,1 μm e 5 μm.• Confere cor, opacidade ou brilho às tintas.• Não está presente nos vernizes.• Pode ser orgânico ou inorgânico.

Solvente	<ul style="list-style-type: none"> • Também é denominado veículo volátil. • Pode ser água ou variados compostos orgânicos (aguardar, álcoois, acetonas, xilol). • Tem como função dissolver a resina e conferir a viscosidade adequada para a aplicação da tinta ou do verniz. • Após a aplicação, o solvente é volatilizado (evaporado), e apenas a resina, o pigmento e os aditivos ficam aderidos ao substrato. Portanto, os solventes não fazem parte da pintura após sua secagem.
Aditivos	<ul style="list-style-type: none"> • São aplicados em pequenas quantidades (1% a 2% do volume total). • Conferem características especiais, por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> • aumentar a resistência a fungos e bactérias; • modificar a viscosidade da tinta para facilitar a aplicação; • acelerar a secagem; • reduzir a formação de bolhas; • inibir a corrosão; • conferir ou aumentar a resistência à radiação UV.

Fonte: CETESB (2006) e Loh (2010).



Assimile

Tanto as tintas quanto os vernizes são materiais poliméricos compósitos. Ambos são compostos por resina (polímeros), solvente e aditivo. A diferença é que as tintas possuem coloração, por causa da presença de pigmentos, já os vernizes não.



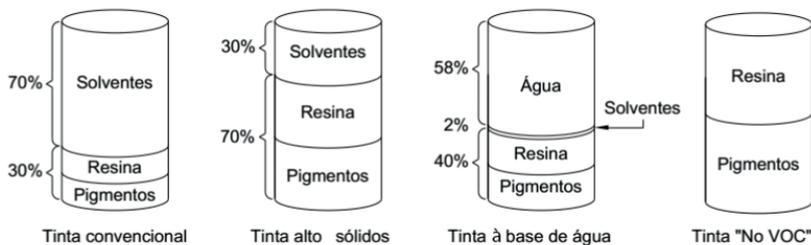
Pesquise mais

Os solventes são compostos voláteis que, quando orgânicos, são denominados Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) ou, em inglês, Volatile Organic Compounds (VOC). Além de esses compostos gerarem impactos ambientais por agredirem a camada de ozônio, a exposição prolongada a essas substâncias pode causar dores de cabeça, fadiga, confusão, irritação nos olhos, alergias e até danos ao sistema nervoso e respiratório. Por isso, há um esforço do mercado produtor em utilizar solventes com baixos teores de COVs e em fabricar tintas à base d'água.

Para maiores informações, consulte o *Guia para redução de COV* nas tintas decorativas, publicado pela Associação Portuguesa de Tintas. Disponível em: <http://www.aptintas.pt/media/apftv_guia_para_reducao_cov_tintas_decorativas.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2018.

A quantidade de resina, pigmento e solvente varia conforme o tipo de tinta e matéria-prima utilizada. É possível observar na Figura 4.2 a composição genérica de vários tipos de tintas do mercado. As proporções exatas não são disponibilizadas, pois são comercialmente confidenciais.

Figura 4.2 | Composição genérica de vários tipos de tintas do mercado



Fonte: Gnecco, Mariano e Fernandes (2005).

Fração volumétrica de pigmentos

A fração volumétrica de pigmentos é denominada PVC, derivada do inglês Pigment Volume Concentration. O PVC consiste na relação entre o volume de pigmento e o volume da película de pintura seca, denominada veículo sólido, conforme apresentado na Equação 4.1 (LOH, 2007).

$$PVC = \frac{V_p}{V_p + V_v} \cdot 100 \quad (4.1)$$

Em que: V_p = volume de pigmento; V_v = volume de veículo sólido.

O volume de pigmento influi na porosidade da pintura, alterando o grau de proteção do substrato, uma vez que pode permitir maior ou menor passagem de gases e umidade. Quanto maior o PVC, menor a porosidade. A quantidade de pigmento também altera o brilho das tintas: quanto maior a quantidade de pigmento, menor o brilho da tinta. O aspecto do acabamento em função da porcentagem do PVC está apresentado no Quadro 4.3.

Tipo de acabamento	PVC (%)
Alto brilho	10 a 15
Semibrilho	15 a 30
Acetinado	30 a 35
Fosco	35 a 45

Fonte: Loh (2010).

Há um limite de pigmento que pode ser adicionado às tintas, pois, acima de um volume crítico – que varia com a composição e as matérias-primas utilizadas –, há redução da coesão e da aderência ao material.



Pesquise mais

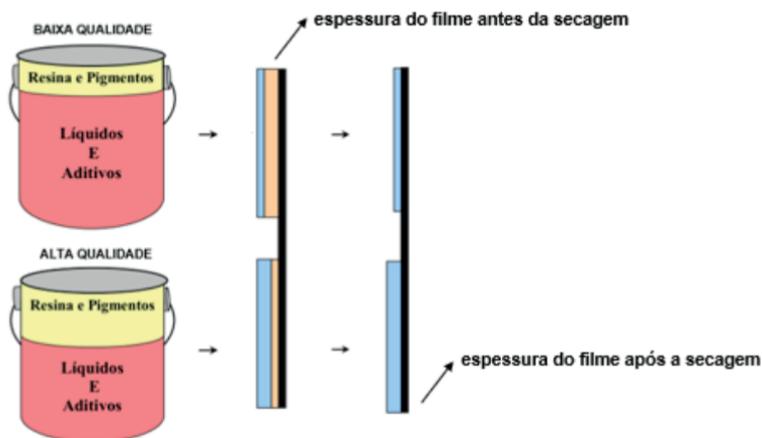
Os métodos de determinação do brilho e do teor de sólidos são prescritos pelas seguintes normas técnicas:

- NBR 15299 (ABNT, 2015): Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do brilho.
- NBR 15315 (ABNT, 2005): Tintas para construção civil – Método de ensaio de tintas para edificações não industriais – Determinação do teor de sólidos.

Qualidade das tintas

O que define a qualidade de uma tinta é a espessura do filme após a secagem do solvente, ou seja, é a quantidade de sólidos, definidos pelo volume de resina e pigmento, utilizada na fabricação do material. Quanto maior o teor de resina e pigmento, maior será a espessura do filme e melhor será a tinta (conforme ilustrado na Figura 4.3), pois garantirá maior proteção e durabilidade (POLITO, 2006).

Figura 4.3 | Qualidade das tintas látex



Fonte: Polito (2006)



Refleta

A qualidade das tintas e dos vernizes está relacionada à espessura do filme, ou seja, à quantidade de resina e pigmentos utilizados. Mas será que ela depende também dos processos de execução? A aplicação não influencia na qualidade da pintura? Se utilizarmos solventes externos aos da composição (adicionar aguarrás à tinta, por exemplo), a quantidade de sólidos não será reduzida e o filme ficará mais fino? Será que, apesar de a tinta (ou verniz) apresentar maior rendimento (pintar uma área maior com a mesma quantidade de material), a pintura pode acabar tendo menor resistência de aderência e a intemperismos (poluição, raios UV, umidade)?

Constituintes dos sistemas de pintura

A pintura não é constituída apenas pela tinta de acabamento, mas também por fundos e líquidos preparadores (LOH, 2007), tais como:

- **Fundo ou *primer*:** produto utilizado na primeira demão, destinado a reduzir a absorção do substrato e uniformizar a superfície.
- **Fundo preparador de paredes:** essa camada tem como função promover a coesão de partículas soltas do substrato.

É recomendado para superfícies não muito firmes e sem coesão, tais como argamassa pobre e de baixa resistência mecânica, caiação (revestimento de cal) nas repinturas e forros de gesso.

- **Massa:** é um produto branco pastoso de base polimérica, que tem como objetivo regularizar a superfície a ser pintada. Para ambientes internos, indica-se a massa corrida de PVA, e, para os externos, a de acrílico.
- **Tinta de acabamento:** é a parte visível do acabamento, ou seja, a aplicação da tinta em si.

Principais tintas e vernizes aplicados na construção civil

Os principais fatores que determinam a escolha do sistema de pintura são: agressividade do ambiente a que a pintura será exposta; se o ambiente é interno ou externo; as condições climáticas (umidade e temperatura); o uso da edificação; e a natureza do substrato (madeira, alvenaria, concreto, argamassa, aço, cal, gesso). As principais tintas e vernizes utilizados na construção civil estão apresentados no Quadro 4.4 (LOH, 2010).

Quadro 4.4 | Principais tintas e vernizes empregados na construção civil

Substrato	Tinta	Verniz
Concreto, reboco, argamassa, cerâmica, gesso	Látex PVA, látex acrílico, látex textura, esmalte sintético, epóxi.	Acrílico, poliuretano, epóxi.
Madeira e seus derivados	A óleo, esmalte sintético, base solvente ou água.	Sintético, poliuretano.
PVC	A óleo, esmalte sintético, base solvente ou água.	-
Metálicos (ferrosos ou não)	A óleo, esmalte sintético, base solvente ou água, epóxi.	-

Fonte: Loh (2010).

Diretrizes para especificação de sistemas de pintura (LOH, 2010)

- **Textura:** o acabamento fosco é o mais adequado como decorativo, pois evita a reflexão da luz, e, assim, as irregularidades da superfície não ficam visíveis. Em situações onde é necessário realizar limpezas (hospitais, clínicas, laboratórios), a pintura brilhosa é a mais indicada. Devido ao baixo PVC, o material apresenta baixo teor de pigmentos e alto teor de resina. Assim, a tinta é mais impermeável e resistente à umidade e a produtos de limpeza.
- **Cores:** as cores escuras absorvem mais valor que as claras, podendo influenciar no conforto térmico do ambiente. Já existem no mercado tintas coloridas e escuras com capacidade para refletir os raios UV devido aos aditivos utilizados.
- **Fachadas e paredes internas:** de modo geral, a melhor opção para a pintura de fachadas de edifícios são as tintas látex acrílico à base de água. Para superfícies internas, recomendam-se as tintas látex PVA.
- **Vernizes para concreto:** os vernizes à base de poliuretano, bicomponente e base solvente são os mais adequados para aplicação em concreto aparente. Apesar de o verniz epóxi também aderir bem às superfícies de concreto, não possui resistência à radiação ultravioleta e deve ser aplicado em áreas internas.
- **Vernizes para madeira:** para madeiras localizadas em áreas internas recomendam-se os vernizes poliuretânico e sintético. Para ambientes externos, são recomendados vernizes monocomponentes com filtro solar ou poliuretano alifático bicomponente.



Pesquise mais

Existem fóruns digitais que auxiliam na escolha da tinta adequada conforme sua aplicação. Por exemplo, o Fórum da Construção. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=5&Cod=1734>>. Acesso em: 26 jan. 2018.



Exemplificando

Você deseja realizar a pintura da fachada de uma edificação que foi rebocada com argamassa. Por ser uma parede externa, a tinta deve ter resistência ao sol (raios UV) e à chuva (umidade). De acordo com as orientações de Loh (2010), apresentadas na Tabela 4.4, como o substrato é de argamassa, as opções de tintas são: látex PVA, látex acrílico, látex textura, esmalte sintético, epóxi.

Como quantificar tintas e vernizes?

A primeira etapa para definir a quantidade de tinta ou verniz a ser aplicado é identificar a área a ser pintada. No caso das paredes, lembre-se de descontar as aberturas referentes a janelas e portas. Na sequência, a área calculada deve ser multiplicada pelo número de demãos que você precisará. Consideram-se no mínimo duas, mas cada fabricante possui suas recomendações. No caso das tintas, é possível obter amostras para aplicar na superfície a ser pintada e verificar a quantidade de demãos necessárias para se obter a cor desejada. Sempre considere um pouco de material extra, devido a possíveis perdas e falhas (em torno de 10%). Por último, divida o valor da área pelo rendimento da tinta ou do verniz, informado pelo fornecedor. O valor do rendimento consiste na quantidade de metros quadrados que pode ser pintada com 1 L de material. A quantificação das tintas e vernizes pode ser determinada pela Equação 4.2 a seguir:

$$Q = \frac{A \cdot D}{RP} \quad (4.2)$$

Em que: Q = quantidade de produto (L); A = área de pintura (m^2); D = número de demãos recomendado pelo fabricante ou testado por você; RP = rendimento do produto (m^2/L) informado na embalagem do produto.



Exemplificando

Você precisa cobrir uma área de $750 m^2$ com duas demãos de uma tinta acrílica, cujo rendimento informado na embalagem é de $14 m^2/L$. Quantas latas de tinta você precisa comprar?

Resolução:

$$Q = \frac{A \cdot D}{RP} \rightarrow Q = \frac{750,2}{14} \rightarrow Q = 107 \cdot 1,1 \rightarrow 117,7 \text{ L}$$

Se cada lata possuir 18 L: $\frac{117,7}{18} = 6,5$ latas

Sem medo de errar

Caro aluno, você é o responsável pela execução de um prédio industrial e pela reforma de outro prédio. Para escolher as tintas adequadas para a pintura das paredes e dos pisos, é necessário que você conheça o material do substrato, ou seja, identifique a superfície que receberá a pintura. Como você viu, as paredes são de alvenaria revestida com argamassa, já os pisos e os painéis pré-fabricados da fachada são de concreto.

No caso do prédio industrial, os pisos são de concreto e receberão pinturas para aumentar a resistência à abrasão, para impermeabilizar e para sinalizar. Como são lavados com frequência, não são recomendadas tintas com alta permeabilidade, ou seja, devem ser aplicados produtos com brilho, com baixo teor de pigmento e alto teor de resinas.

Os pisos internos não precisam de resistência a raios UV, então pode ser aplicado verniz epóxi para resistência à abrasão e impermeabilização. Para sinalização, é necessária coloração, e devem ser utilizadas tintas. Podem ser aplicadas as seguintes resinas de base (tanto para tinta quanto para verniz): látex PVA, látex acrílico, látex textura, esmalte sintético ou epóxi.

As paredes externas podem ser de concreto (painéis pré-fabricados ou parede executada no local) ou de alvenaria revestida com argamassa. As internas também podem ser de alvenaria revestida com argamassa, com gesso ou cal. Em ambos os casos, não é convencional aplicar vernizes, porque geralmente se deseja coloração.

Não devem ser aplicados os mesmos tipos de tintas para todos os ambientes. Nas áreas externas, é adequado o uso de tintas que reflitam os raios ultravioletas, seja pela coloração clara ou pela presença de aditivos que garantam essa propriedade. Portanto, não devem ser aplicadas resinas epóxi. Também não é recomendado látex PVA por causa da presença de umidade. Podem ser aplicadas as seguintes resinas base: látex acrílico, látex textura e esmalte sintético. Nas áreas úmidas, é necessário que existam aditivos biocidas e resistentes a fungos e mofo na composição do material. Nas áreas internas não úmidas, as resinas podem ser: látex PVA, látex acrílico, látex textura, esmalte sintético ou epóxi. Como as paredes industriais normalmente não são lavadas, podem ser aplicados materiais com textura fosca, o que também contribui para que não fiquem visíveis as imperfeições das paredes.

Outro fator de escolha é o rendimento e a qualidade dos produtos. Você deve observar que as tintas podem apresentar maior rendimento por terem menor teor de resina e pigmento. Isso implicará um filme de menor espessura e, portanto, de menor resistência de aderência, resistência à abrasão e maior permeabilidade. A durabilidade da pintura pode ser comprometida, implicando a repintura em um menor intervalo de tempo.

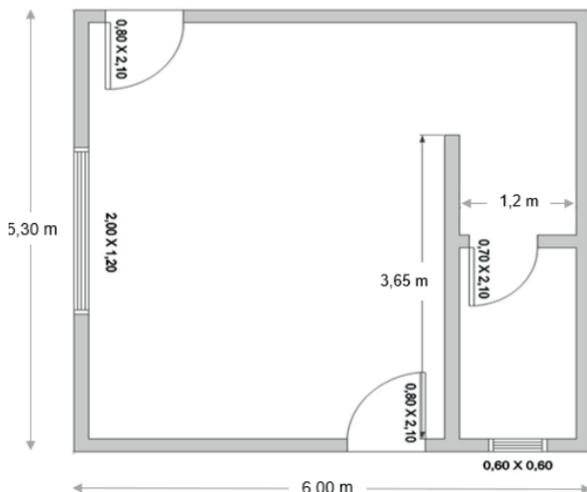
Avançando na prática

Quanto de tinta devo comprar?

Descrição da situação-problema

Você está realizando a reforma de uma residência. O cômodo apresentado pela Figura 4.4 terá suas paredes internas e teto pintados. Sabendo que o pé-direito dessa edificação é igual a 2,80 m, quantas latas de tinta você terá de comprar para pintar esse ambiente? Considere latas de 18 L, rendimento de 15 m²/L e a necessidade de duas demãos.

Figura 4.4 | Cômodo a ser pintado



Fonte: elaborada pela autora.

Resolução da situação-problema

Para determinar a quantidade de tinta a ser comprada, deve-se primeiramente quantificar a área a ser pintada. Nesse caso, serão as paredes e os tetos. Lembre-se de descontar as aberturas referentes a janelas e portas.

$$A_{\text{paredes}} = (5,30 + 6,00 + 3,65 + 1,20) \times 2,80 \times 2 = 90,44\text{m}^2$$

$$A_{\text{teto}} = 5,30 + 6,00 = 31,80\text{m}^2$$

$$A_{\text{aberturas}} = 0,80 \times 2,10 \times 2 + 0,70 \times 2,10 + 2,00 \times 1,20 + 0,60 \times 0,60 = 7,59\text{m}^2$$

$$A_{\text{total}} = 90,44 + 31,80 - 7,59 = 114,65\text{m}^2$$

$$Q = \frac{114,65 \times 2}{15} \rightarrow Q = 15,3\text{L} \times 1,1 \rightarrow Q = 16,8 \text{ L}$$

Portanto, para pintar esse cômodo é necessária apenas uma lata da tinta indicada. Se o rendimento ou o número de demãos forem outros, será necessário recalculá-la a quantidade necessária.

Faça valer a pena

1. As tintas são compostas basicamente por quatro fases. Cada uma é responsável por conferir características específicas, tais como: resistência de aderência, cor, textura, resistência a intemperismo, viscosidade adequada, entre outras.

Um dos elementos presentes nas tintas é responsável por formar a película protetora e resistente após a secagem. É essa fase que garante a adesão das tintas ao substrato. Qual é essa fase?

- a) Aditivo biocida.
- b) Resina.
- c) Pigmento.
- d) Solvente.
- e) Veículo volátil.

2. As pinturas não são compostas apenas pela tinta de acabamento, mas também por um fundo (ou *primer*) e uma massa. As três etapas (fundo, massa e tinta/verniz) formam a pintura, e cada uma delas tem uma função específica para o conjunto, tais como regularização, ponte de aderência, coloração, entre outras.

Sobre as pinturas, assinale a alternativa correta.

- a) Os vernizes são responsáveis por conferir cor à pintura.
- b) As massas têm o objetivo de selar as superfícies, proporcionando maior economia das tintas de acabamento.
- c) Os primers são produtos químicos adicionados às tintas para conferir algumas propriedades especiais.
- d) O fundo é destinado a reduzir a absorção do substrato e uniformizar a superfície.
- e) Os solventes são utilizados junto às massas para melhorar a viscosidade dos vernizes.

3. As tintas e os vernizes são materiais de acabamento, compostos por quatro fases. Esses produtos devem possuir propriedades e características específicas, conforme a necessidade da aplicação (pisos, paredes, tetos, ambientes internos ou externos). Sobre aplicação, qualidade e composição das tintas e vernizes, leia as afirmativas a seguir.

- I - Os vernizes são formados por pigmento, resina, solvente e aditivo.
- II - Para análise da qualidade de uma tinta deve-se considerar o rendimento, a composição e a aplicação.
- III - As tintas e os vernizes aplicados em ambientes que serão lavados devem ser brilhosos.
- IV - O principal fator que determina a escolha do sistema de pintura é a coloração desejada.
- V - Pensando no conforto térmico, apenas tintas claras devem ser usadas nos ambientes externos.

Assinale a alternativa que contém as afirmações corretas.

- a) I e II, apenas.
- b) I e III, apenas.
- c) II e III, apenas.
- d) II, III e IV, apenas.
- e) II, III, IV e V apenas.

Seção 4.3

Vidros e plásticos

Diálogo aberto

Caro aluno,

Nas primeiras seções desta unidade, você aprendeu o que são e como aplicar rochas ornamentais, tintas e vernizes. Agora chegamos à última seção! Aqui você aprenderá sobre os plásticos e vidros empregados como materiais de acabamento na construção civil. Ou seja, aqueles utilizados nas esquadrias, forros, pisos e revestimentos. Pense nas construções que você já viu (indústrias, residências, escritórios, edifícios, escolas, entre outras). Os vidros estão presentes em todas elas; nas janelas, portas, fachadas, divisórias ou coberturas. Os plásticos também! E eles têm sido cada vez mais utilizados devido ao baixo custo e à facilidade de aplicação. Podemos encontrá-los nos forros, divisórias, esquadrias e até mesmo no arremate final dos vidros, em forma de selantes ou silicones. Lembre-se dos prédios industrial e administrativo pelos quais você é o engenheiro responsável. Ambos terão janelas de vidro com esquadrias de plástico. Nos banheiros e vestiários serão instaladas divisórias e pias que precisarão de acabamentos (Figura 4.5). A churrasqueira da empresa, que é a área de descanso e confraternização dos colaboradores, será coberta com um telhado transparente, que permita a passagem de luz, mas proteja da chuva. Essa cobertura pode ser de vidro ou plástico. O prédio industrial será fechado lateralmente com painéis verticais pré-fabricados, que precisam ser selados em suas juntas (Figura 4.6). Para todas essas situações, existem plásticos ou vidros adequados. O engenheiro civil responsável pela obra precisa saber qual a opção mais indicada conforme cada função e condição de utilização. Por isso, a necessidade de conhecer as propriedades e aplicações dos plásticos e vidros na construção civil; isso permitirá que você realize a escolha mais adequada técnica e economicamente.

Figura 4.5 | Pia de banheiro com acabamento de selante ou silicone



Fonte: adaptado de Pixabay.

Figura 4.6 | Painéis pré-fabricados de concreto com acabamento de selante ou silicone nos encaixes



Fonte: adaptado de Wikimedia Commons.

Não pode faltar

Vidros na construção civil

Os vidros são uma solução amorfa, homogênea, de elevada viscosidade e super-resfriada, que resulta em um material cerâmico e frágil. A composição mais utilizada mundialmente contém 70% de sílica (SiO_2), matéria-prima básica proveniente da areia com função vitrificante; 15% de óxido de sódio (Na_2O), agente fundente (ou seja, composto que facilita a fusão da mistura); 10% de óxido de cálcio (CaO), que possui a função de estabilizar o vidro frente aos agentes atmosféricos; e 5% de outros compostos, como corantes ou alumina (Al_2O_3), para aumentar a resistência mecânica (DIAS; CRUZ, 2009).

De maneira geral, o processo produtivo dos vidros consiste no preparo da mistura das matérias-primas; fusão desse composto a uma temperatura entre 1450 e 1550 ; flotagem em estanho (flutuação do vidro fundido no estanho líquido para uniformização das peças); resfriamento controlado da temperatura (300 a 400); polimento e, por último, corte conforme as necessidades. O vidro pode, ainda, receber outros acabamentos, como serigrafia, texturização ou jateamentos de areia (BAUER, 2008). O material pode ser classificado de cinco diferentes maneiras, conforme exposto na norma NBR 7199 (ABNT, 2016):

1. **Quanto à transparência:** transparentes, translúcidos ou opacos.
2. **Quanto à planicidade:** plano ou curvo.

3. **Quanto à coloração:** incolor ou colorido.
4. **Quanto à colocação:** instalação em esquadrias, autoportante, mista, estrutural, painel colado (estrutural) ou revestimento.
5. **Quanto aos tipos:**
 - *Flotados (float):* normatizado pela NBR NM 294 (ABNT, 2004), consiste em um material de faces paralelas e planas, que é obtido pelo processo básico de produção dos vidros: fundição contínua e solidificação no interior de um banho de estanho líquido. Pode ser transparente ou translúcido e apresentar ou não coloração. Ao quebrar, resulta em pedaços relativamente grandes e cortantes, que podem colocar em risco os usuários.
 - *Temperado:* normatizado pela NBR 14698 (ABNT, 2001). São peças de vidro flotado cortadas e perfuradas de acordo com as necessidades finais de utilização e submetidas a um novo aquecimento () e resfriamento controlado com jatos de ar. Esse procedimento comprime o vidro (devido às variações dimensionais causadas pela redução da temperatura) e, assim, aumenta a resistência do material em até cinco vezes em relação ao flotado. Apesar de ser mais resistente, ao quebrar, o vidro temperado estilhaça. Isto é, fragmenta-se em pequenos pedaços (geralmente) não cortantes.
 - *Laminado:* normatizado pela NBR 14697 (ABNT, 2001), consiste na associação de duas ou mais lâminas de vidro, unidas com camadas intermediárias de polímeros. Esse polímero pode ser o policarbonato (PC) ou polivinil butiral (PVB). As lâminas de vidro podem ser flotadas ou temperadas.
 - *Aramado:* é normatizado pela NBR NM 295 (ABNT, 2004), sendo um vidro laminado, no qual se incorpora uma malha de arame de aço. A peça final pode ser transparente ou translúcida, então é possível visualizar essa armação na peça.
 - *Impresso:* é normatizado pela NBR NM 297 (ABNT, 2004). Consiste num vidro flotado ou laminado, comum ou aramado, que apresenta desenho impresso em pelo menos uma de suas faces.
 - *Espelho de prata:* conforme NBR NM 293 (ABNT, 2004), é um vidro flotado revestido com um depósito de prata.

- Insulado: normatizado pela NBR 16015 (ABNT, 2012), o vidro insulado é composto por lâminas de peças flotadas, temperadas ou laminadas, que são separadas por espaçadores e vedadas em todo o contorno, de maneira a formar uma camada de ar, estanque e desidratada. Ideal para isolamentos térmicos e acústicos.
- Serigrafado: vidro flotado ou laminado com aplicação de serigrafia (aplicação de uma camada de esmalte).
- Gravado ou jateado: vidro flotado ou laminado que recebe jato de areia para ter acabamento fosco e opaco.
- Vidro de segurança: como descrito na NBR 16015 (ABNT, 2012), são os vidros que têm o risco de ferimentos reduzido em caso de quebra devido ao processo de fabricação, que impede que os pedaços de vidro se fragmentem. Podem ser laminados ou insulados.



Pesquise mais

Para ver imagens dos variados tipos de vidro, acesse:

VIDRO Certo. Vidros na construção civil: tipos e importância. Disponível em: <<http://vidrocerto.org.br/vidros-na-construcao-civil-tipos-e-importancia/>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

Propriedades dos vidros

As propriedades físicas dos vidros são descritas pela NBR 7199 (ABNT, 2016). Os vidros flotados apresentam tensão de ruptura à flexão igual a 40 ± 5 MPa, enquanto os temperados (mais resistentes devido ao processo produtivo) resistem 180 ± 20 MPa. O módulo de elasticidade de ambos é igual a $7 \cdot 10^{10}$ Pa. A dureza dos vidros é 6 unidades na escala Mohs. Em relação às propriedades térmicas, o coeficiente médio de dilatação linear (a temperatura entre 20 °C e 300 °C) é igual a $9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. A condutividade térmica é $1 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ e o calor específico é igual a $0,72 \cdot 10^3 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$. Essas propriedades são importantes tanto para dimensionar estruturas de vidro, quanto para realizar projetos relacionados ao conforto térmico e acústico de um ambiente.

Aplicações dos vidros na construção civil

As principais aplicações dos vidros e seus tipos estão apresentados no Quadro 4.5.

Quadro 4.6 | Principais aplicações dos vidros utilizados na construção civil

Aplicações	Tipos de vidro	Casos usuais
Vidros verticais suscetíveis ao impacto humano	Temperado	Vidros instalados abaixo da cota de 1,1 m em relação ao piso: portas e janelas (autoportante ou com esquadria); divisórias; vitrines; e muro de vidro.
	Laminado de segurança	
	Aramado	
	Insulado composto com os vidros citados anteriormente	
Vidros verticais	Laminado de segurança	Fachadas a partir do primeiro pavimento, abaixo da cota de 1,1 m em relação ao piso e no pavimento térreo, que dividam ambientes com desnível superior a 1,5 m. Guarda corpos para sacadas, escadas, rampas, desníveis.
	Aramado	
	Insulado composto com os vidros citados anteriormente	
	Temperado	Vidros instalados acima da cota de 1,1 m em relação ao piso.
	Laminado de segurança	
	Aramado	
	Flotado	
	Impresso	
	Insulado composto com os vidros citados anteriormente	
	Vidros não verticais	Laminado de segurança
Aramado		
Insulado		
Vidros próximos a áreas escorregadias	Ver NBR 14207 (ABNT, 2009)	Boxes de banheiros.
Vidros que retardam a propagação do fogo	Laminado com camada intermediária resistente ao fogo	Fechamentos onde é exigida uma resistência à propagação do fogo durante um período de tempo determinado.
	Aramado	
	Insulado composto com	

	os vidros citados anteriormente	
Vidros para retardar ações de arrombamento	Laminado de segurança	Fechamentos envidraçados em geral, vitrines, barreiras de separação em estádios de esportes, isolamento de jaulas em zoológicos.
	Insulado composto com laminado de segurança	
Vidros blindados	Ver NBR 15000 (ABNT, 2005)	Blindagens resistentes a impactos balísticos em geral.
Vidros em instalações especiais	Laminado de segurança	Pisos e degraus de vidro, visores de piscinas e aquários, estruturas de vidro.

Fonte: adaptada de NBR 7199 (ABNT, 2016).



Pesquise mais

O prédio Willis Tower (antigo Sears Tower) tem no 103º andar, a 412 metros do chão, uma sacada de vidro (Figura 4.7). Localizada em Chicago (EUA), a estrutura é aberta para visitas.

Figura 4.7 | Sacada de vidro do Willis Tower



Fonte: <<https://www.flickr.com/photos/jjway2006/3889137726>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

E não há risco de esse vidro quebrar? Em 2014 isso aconteceu! Mas a estrutura é composta por camadas de vidro laminado. Assim, a única

folha de vidro que quebrou não se despedaçou. A estrutura é preparada para essa situação e, mesmo que o vidro se rompa, os usuários não são colocados em risco. Quer saber mais? Leia em: <<http://gizmodo.uol.com.br/o-chao-de-vidro-do-103o-andar-de-um-arranha-ceu-nos-eua-quebrou/>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

Plásticos na construção civil

Para começar esse assunto, vamos lembrar alguns conceitos. O estado plástico está relacionado à deformação gerada pela aplicação de uma carga. Quando afirmamos que um material está na fase plástica, isso significa que as deformações não são completamente recuperadas ao cessar um carregamento. Se ele estiver na fase elástica, removido o carregamento, há retorno total da deformação (SHACKELFORD, 2008). Para produzir alguns produtos, os polímeros passam por um processo de conformação, isto é, aplica-se um carregamento no material para que deforme e fique no formato desejado. Na construção civil, os tubos para transporte de fluidos são produzidos utilizando esse processo. Por esse motivo, popularmente chamamos alguns tipos de polímeros de plásticos. Esses materiais consistem na união de macromoléculas formadas por substâncias orgânicas simples, chamadas monômeros. Podem ser classificados como (ANDRADE, 2010):

- **Termoplásticos:** polímeros que amolecem e fluem quando submetidos a uma dada temperatura e pressão, podendo ser moldados. Depois de endurecidos, se aplicadas novas temperatura e pressão, podem ser remoldados sem perder as características de resistência e durabilidade. Essa característica é uma grande vantagem, pois permite a reciclagem do material.
- **Termofixos:** também são chamados de termorrígidos. Esses polímeros amolecem e fluem quando submetidos a uma dada temperatura e pressão, formando ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas e solidificando. Depois do enrijecimento, novas aplicações de temperatura e pressão não são capazes de modificar o material. Eles são infusíveis, insolúveis e não recicláveis.

- **Elastoméricos:** também são denominados elastômeros ou borrachas. Esses polímeros, a temperatura ambiente, apresentam deformação muitas vezes superiores ao seu comprimento original, com recuperação elástica total quando o carregamento é retirado.



Assimile

Os polímeros são denominados *plásticos*, pois, em alguns casos, na sua produção é aplicado um carregamento que dará a forma desejada. Essa deformação precisa ser *plástica*, uma vez que o material não pode retornar ao seu formato inicial.

Propriedades dos plásticos

As propriedades mais importantes para os plásticos aplicados na construção civil são (ANDRADE, 2010):

- **Massa específica:** em geral, a massa específica dos polímeros é menor do que dos materiais cerâmicos, variando de a .
- **Estabilidade dimensional:** essa propriedade é importante, pois o volume e a massa das peças de encaixe (placas destinadas a revestimento de pisos, fachadas, forros, esquadrias) pode se alterar pela absorção de umidade.
- **Comportamento mecânico:** os polímeros podem ser frágeis, dúcteis ou altamente elásticos, variando conforme o tipo de ligação química que apresentam. A temperatura também influencia o comportamento mecânico dos plásticos: com o aumento, há um afastamento das forças de ligação secundárias (forças de Van der Waals) e o deslizamento das cadeias poliméricas ocorre com maior facilidade. Ou seja, há uma diminuição da rigidez.
- **Resistência ao impacto:** os polímeros termofixos normalmente apresentam ruptura frágil e baixa resistência ao impacto. Os termoplásticos, quando dúcteis, possuem maiores deformações e maior capacidade de dissipar energia e absorver impacto.
- **Inflamabilidade:** os polímeros são materiais orgânicos que, ao serem aquecidos, decompõem-se em produtos

voláteis que podem ser tóxicos e prejudiciais à saúde. Além disso, podem entrar em combustão facilmente. Por isso, são realizados ensaios para avaliar o tempo necessário para degradação do material.

- **Propriedades térmicas e elétricas:** os polímeros são isolantes elétricos e apresentam alto coeficiente de dilatação térmica, em torno de . Para borrachas e silicões, esse valor pode chegar ao dobro.

Aplicações dos plásticos na construção civil

Os principais polímeros utilizados como materiais de acabamento na construção civil, suas classificações, características e aplicações estão apresentados no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 | Principais plásticos utilizados na fase de acabamento, características e aplicações

Polímero	Tipo	Características	Aplicações
Poliestireno (PS)	Termoplástico	Boa estabilidade térmica e dimensional. Resistente ao impacto.	Azulejos de paredes, painéis de iluminação e assentos de vaso sanitário.
Policloreto de vinila (PVC)		Custo reduzido. Excelente resistência a produtos químicos.	Tintas, esquadrias, forros, pisos e telhas.
Policarbonato (PC)		Dimensionalmente estáveis, transparentes, baixa absorção de água, boa resistência ao impacto, resistência aos raios ultravioleta.	Telhas, forros, claraboias e coberturas.
Poliacetato de vinila (PVA)		Custo reduzido. Excelente resistência a produtos químicos. Em geral, não são plásticos transparentes, sendo encontrados principalmente na cor branca.	Tintas, esquadrias, forros, pisos e telhas.
Poliésteres (PET)		Uma das películas plásticas mais resistentes.	Domos e telhas plásticas.
Polimetil metacrilato (PMMA/acrílico)		Excelente transmissão de luz (transparente) e resistência a intempéries. Propriedades mecânicas regulares.	Chapas transparentes resistentes ao choque.
Fluorcarbonos (teflon)		Quimicamente inerte em todos os ambientes. Ótimas propriedades de resistência mecânica e elétrica.	Vedações anticorrosivas e revestimentos antiadesivos.

Resinas epóxi	Termofixo	Excelente combinação de propriedades mecânicas e resistência à corrosão e elétrica, dimensionalmente estáveis, boa adesão.	Ralos, adesivos, tintas.
Silicone	Elastômero	Excelente resistência às temperaturas altas e baixas. Excelentes propriedades elétricas. Transparente.	Isolamento térmico, vedações e tintas.
Poliuretano (PU)		Leve, resistente a solvente, boas propriedades físicas. Cinza ou amarelado.	Espumas isolantes, preenchimento de telhas e esquadrias, encunhamento de alvenaria, tintas e vedações.

Fonte: Andrade (2010); Figueiredo e Rêgo (2010).



Exemplificando

Apresentam-se, na Figura 4.8, exemplos de aplicações dos plásticos poliuretano, como espuma isolante térmica e acústica, e policarbonato, para revestimento de fachada.

(1) Poliuretano (PU)



Fontes: (1) Pixabay;

(2) Policarbonato (PC)



(2) Wikimedia Commons.



Refleta

Em 14 de junho de 2017, um incêndio destruiu a Grenfell Tower, localizada em Londres. O fogo teria se propagado pelo revestimento de

plástico utilizado na fachada. O acidente deixou 79 mortos, conforme exposto no artigo disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/revestimento-culpado-por-tragedia-em-londres-tambem-e-usado-no-brasil.ghtml>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

Em 2013, o incêndio da Boate Kiss (RS) matou mais de 240 pessoas. O fogo teria se iniciado em um revestimento de espuma polimérica (Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/01/tragedia-em-santa-maria-o-que-ja-se-sabe-e-perguntas-responder.html>>. Acesso em: 22 jan. 2018). Como vimos há pouco, os materiais poliméricos e plásticos são indicados para revestimentos de fachadas e isolamentos térmicos e acústicos. Por que, então, esses acidentes ocorreram? Como eles poderiam ter sido prevenidos? Existem plásticos resistentes ao fogo?

Sem medo de errar

Caro aluno,

Lembre-se dos prédios industrial e administrativo pelos quais você é responsável. Neste momento, você precisa especificar os vidros e plásticos da edificação. Vamos começar escolhendo quais serão utilizados nas janelas do escritório e da fábrica. Esses vidros são verticais e suscetíveis a impacto humano por ficarem abaixo da cota de 1,10 m em relação ao piso. De acordo com as orientações da norma NBR 7199 (ABNT, 2016), as opções para essa situação são: temperado, laminado de segurança, aramado e insulado composto com os vidros citados. Para decidir qual tipo é mais adequado, você precisa fazer uma avaliação individual de cada material.

- **Temperado:** atente-se, pois esse tipo de vidro estilhaça ao se romper! Geralmente, não é cortante, mas pode implicar num risco ao usuário em caso de acidentes.
- **Laminado:** o vidro laminado pode ser do tipo flotado ou temperado. A vantagem é que entre as lâminas há uma película polimérica que une os cacos ou estilhaços caso o vidro se quebre. Por isso, é considerado de segurança.

- **Aramado:** é um vidro laminado com a incorporação de uma malha de arame de aço. Por ser laminado, tem a vantagem de, mesmo se fragmentando em pedaços, não separar, garantindo maior segurança ao usuário. Mas por apresentar a tela de aço, a peça não fica completamente transparente. Então essa opção é esteticamente limitada.
- **Insulado:** é composto por chapas de vidro com ar ou outros gases entre as camadas. Com isso, é bom isolante térmico e acústico. Como as chapas podem ser temperadas, laminadas ou aramadas, ele pode ou não apresentar segurança na ruptura. Geralmente, é um vidro mais caro por ser composto por diversas folhas.

Avaliando essas opções disponíveis, podemos observar que o vidro laminado apresenta maior segurança ao usuário do que o temperado, é mais barato que o insulado e esteticamente mais versátil que o aramado, que também são opções seguras. Então, nesse caso, o vidro laminado seria a melhor opção.

Você também precisa especificar o material que será usado para as divisórias dos vestiários e para as esquadrias das portas e janelas. Todas essas peças serão de plástico e, de acordo com as orientações de Andrade (2010) e Figueiredo e Rêgo (2010), há dois tipos de polímeros indicados a essa situação: o policloreto de vinila (PVC) e o poliacetato de vinila (PVA). Ambos apresentam custo reduzido e excelente resistência a produtos químicos. Para decidir qual a melhor opção, você terá que consultar os fornecedores locais e identificar quais dos materiais estão disponíveis na sua região, qual a disponibilidade de entrega e qual apresenta o menor custo.

Para o acabamento das pias e bancadas das áreas molhadas também são aplicados polímeros. Podem ser utilizados dois tipos de elastômeros: o silicone e o poliuretano (PU). Ambos apresentam as características necessárias, entretanto, o silicone é transparente e o PU é cinza ou amarelado. Assim, esteticamente, o silicone provavelmente seria mais adequado. Essa escolha pode variar com a cor da louça cerâmica ou da rocha ornamental a ser instalada.

Você também irá cobrir a churrasqueira da empresa com um telhado transparente, que permita a passagem de luz, mas proteja os colaboradores da chuva. Para aplicar em coberturas, as opções de plástico

são: policarbonato (PC), polimetil metacrilato (acrílico), poliésteres (PET) e poliacetato de vinila (PVA) (ANDRADE, 2010; FIGUEIREDO; RÊGO, 2010). Dentre esses materiais, o PVA geralmente não é transparente, então impediria a entrada da luz solar. Para escolher entre os demais, é necessário realizar uma consulta com os fornecedores, avaliando custo, disponibilidade de entrega e formato das telhas, a fim de identificar o material mais adequado ao projeto e a estrutura da cobertura. Muitas vezes, há grande espaçamento entre as peças estruturais de apoio das telhas, exigindo que tenham comprimentos maiores. É necessário avaliar junto aos fabricantes, cada caso específico.

Para essa cobertura também há a opção utilizar vidros. De acordo com as orientações da norma NBR 7199 (ABNT, 2016), os tipos mais adequados são: laminado de segurança, aramado e insulado. Seguindo a mesma linha de raciocínio adotada para a escolha dos vidros da janela, o material mais adequado estética e economicamente seria o laminado de segurança. Mas lembre-se de que, por se tratar de um ambiente de confraternização, o isolamento térmico e acústico pode ser relevante na escolha da cobertura. É necessário avaliar a relação entre o custo e o benefício de utilizar um vidro insulado, conforme a disponibilidade e os valores de cada região.

Entre os painéis pré-fabricados, é necessária a aplicação de um selante para evitar a entrada de água pelos encaixes das peças. Esse material não pode ser rígido, pois deve permitir que os painéis dilatem e contraíam devido às mudanças de temperatura. Por isso, não é aplicada argamassa, por exemplo. Como opções, temos os silicones e os selantes de poliuretano. Assim como para os demais materiais discutidos, é necessário avaliar o custo local desses materiais. Outro fator importante a ser considerado é o tempo de vida útil dos polímeros. Cada fabricante informa de quanto em quanto tempo a vedação deve ser refeita. Como isso gera um custo de manutenção, deve ser levado em consideração no momento da especificação.

Avançando na prática

Vidros para fachadas

Descrição da situação-problema

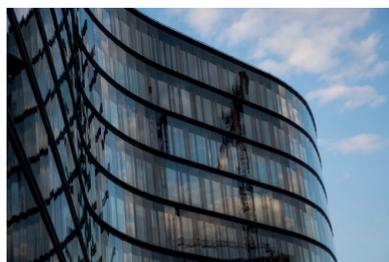
As fachadas em vidro são cada vez mais solicitadas por arquitetos e usuários, por apresentarem aspecto estético agradável e versatilidade na composição das construções. São utilizadas peças planas (Figura 4.9) ou curvas (Figura 4.10). Ao escolher o tipo de vidro para o revestimento das edificações, é necessário considerar a segurança em caso de acidentes, resistência a arrombamentos e o conforto térmico e acústico no interior do ambiente. A solução não é única, pois há diversos vidros que podem ser utilizados em fachadas. Levando em consideração aspectos técnicos, econômicos e estéticos, sendo você o engenheiro da obra, quais são as opções de vidro mais adequadas para a fachada?

Figura 4.9 | Fachada em vidro plano



Fonte: <<https://pxhere.com/pt/photo/887891>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

Figura 4.10 | Fachada em vidro curvo



Fonte: Pixabay.

Resolução da situação-problema

Os vidros destinados a fachadas precisam apresentar algumas características básicas: segurança a quebras, isto é, não devem estilhaçar a fim de reduzir o risco de ferimentos em caso de quebra; segurança ao fogo, em caso de incêndios; segurança a arrombamentos; isolamento térmico e acústico, para prover conforto ambiental dentro da edificação; e estética condizente ao projeto. Os vidros flotados e temperados (mesmo apresentando alta resistência mecânica) não laminados não são indicados para uso em fachadas. Acidentes com impacto podem levar à fragmentação do material, colocando em risco os usuários da edificação. Por isso, devem ser utilizados os laminados, sejam as lâminas formadas por vidro flotado ou laminado. Quando a fachada não apresenta estrutura de apoio e deve suportar seu próprio peso, é necessário utilizar peças laminadas temperadas, que são mais resistentes. A segurança

ao fogo pode ser aumentada utilizando polímero resistente a chamas, como película entre as folhas de vidro. Para aumentar a resistência a arrombamento, o vidro pode ser composto com um maior número de lâminas, dificultando a quebra do conjunto como um todo. Em relação ao conforto ambiental, são indicados os insulados, compostos com vidros laminados temperados. Esse tipo de vidro possui uma camada de ar entre as folhas que o compõem, garantindo isolamento térmico e acústico. Em relação à estética, os vidros laminados ou insulados podem ser transparentes ou translúcidos, apresentar coloração, serigrafia, pinturas ou textura. Isso varia conforme os fabricantes, sendo necessário consultar os fornecedores de cada região para identificar as opções disponíveis.

Faça valer a pena

1. Há vidros específicos destinados aos boxes de banheiro e devem ser de segurança. De acordo com a NBR 7199 (ABNT, 2016), o vidro de segurança consiste em um “vidro plano cujo processamento de fabricação reduz o risco de ferimentos em caso de quebra”.

Qual dos vidros listados a seguir é mais indicado para a instalação em boxes?

- a) Vidro flotado, porque não se fragmenta quando quebra.
- b) Vidro temperado, porque é a opção de maior resistência mecânica.
- c) Vidro laminado, porque não se estilhaça quando quebra.
- d) Vidro serigrafado, porque apresenta uma camada de esmalte.
- e) Vidro gravado, porque é fosco e opaco.

2. Os materiais plásticos são largamente utilizados na construção civil e suas propriedades variam conforme as ligações químicas e a classificação em que se enquadram (termoplásticos, termofixos e elastômeros).

Sobre as propriedades dos polímeros, marque a alternativa correta:

- a) A estabilidade dimensional dos plásticos é influenciada pela absorção de umidade.
- b) Todos os plásticos apresentam ruptura frágil.

- c) A redução da temperatura afasta as ligações secundárias dos polímeros, diminuindo a rigidez do material.
- d) Os polímeros termoplásticos normalmente apresentam ruptura frágil e baixa resistência ao impacto.
- e) Os plásticos são inorgânicos. Por isso, quando aquecidos, se decompõem em produtos voláteis que podem ser tóxicos e prejudiciais à saúde.

3. Os vidros e plásticos são cada vez mais utilizados na fase de acabamento das edificações. Esses materiais apresentam características peculiares, conforme descrito a seguir:

I. Os termoplásticos são os vidros comuns, obtidos pela fusão da matéria-prima a uma temperatura em torno de 1500 .

II. Os vidros laminados podem conter folhas de vidros tipo float ou temperados.

III. Os vidros aramados são obtidos pela colocação de um filme plástico entre suas camadas.

IV. O acrílico pode ser utilizado em substituição ao vidro por ser transparente, resistente ao choque e a intempéries.

V. O poliuretano e o silicone são plásticos do tipo elastômeros, utilizados principalmente em vedações.

Em relação às afirmações propostas, marque a alternativa que lista as sentenças corretas:

- a) I e III, apenas.
- b) I, II e III, apenas.
- c) II, III e IV, apenas.
- d) II, IV e V, apenas.
- e) II, III e V, apenas.

Referências

ALENCAR, C. R. A. **Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais**. Cachoeiro de Itapemirim: IEL, 2013. 242 p. Disponível em: <<http://www.sindirochas.com/arquivos/manual-rochas.pdf>>. Acesso em: 6 jan. 2018.

ANDRADE, J. J. Propriedades dos polímeros. In: ISAIA, G. C. (ed.) **Materiais de construção e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010, v. 2, p. 1323-1350.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS (ABIROCHAS). **Guia de aplicação de rochas em revestimentos**. Projeto Bula, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14207: **Boxes de banheiro fabricados com vidros de segurança**. ABNT: Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 14697: **Vidro laminado**. ABNT: Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 14698: **Vidro temperado**. ABNT: Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 15000: **Blindagens para impactos balísticos – classificação e critérios de avaliação**. ABNT: Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15012: **Rochas para revestimento de edificações – terminologia**. ABNT: Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15299: **Tintas para construção civil – método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – determinação do brilho**. ABNT: Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 15315: **Tintas para construção civil – método de ensaio de tintas para edificações não industriais – determinação do teor de sólidos**. ABNT: Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15575: **Edificações habitacionais – desempenho**. ABNT: Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15844: **Rochas para revestimento – requisitos para granitos**. ABNT: Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 15845: **Rochas para revestimento – partes 1 a 8**. ABNT: Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 16015: **Vidro insulado – características, requisitos e métodos de ensaio**. Vidro laminado. ABNT: Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 7199: **Vidros na construção civil – projeto, execução e aplicações**. ABNT: Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 9875: **Plásticos – determinação da massa específica do material moldado e do fator de compressão**. ABNT: Rio de Janeiro, 2011.

_____. NBR NM 293: **Terminologia de vidros planos e dos componentes acessórios a sua aplicação**. ABNT: Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR NM 294: **Vidro float**. ABNT: Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR NM 295: **Vidro aramado**. ABNT: Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR NM 297: **Vidro impresso**. ABNT: Rio de Janeiro, 2004.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2008. v. 2.

CETESB. **Guia técnico ambiental tintas e vernizes**. São Paulo: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP, 2006. Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/downloads/tintas.pdf>>. Acesso em: 7 jul. 2017.

CHIODI FILHO, C.; KISTEMANN, D. O setor de rochas ornamentais no Brasil. In: VIDAL, F. V.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. p. 493-526. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1739/1/CCL00180014Cap10LivroRochas.pdf>>. Acesso em: 7 jan. 2018.

DIAS, G. G.; CRUZ, T. M. S. **Plano de gerenciamento integrado de resíduos vítreos – PGI_{RV}**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Fundação Israel Pinheiro: Belo Horizonte. 2009. 24p.

FARIA, F. C. **Produção de tintas naturais para construção civil: testes de preparação, aplicação e avaliação do intemperismo acelerado**. 2015. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FIGUEIREDO, E. P.; RÊGO, J. H. S. Materiais e produtos poliméricos. In: ISAIA, G. C. (ed.) **Materiais de construção e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010, v. 2, p. 1387-1412.

FRASCÁ, M. H. B. O. Rocha como material de construção. In: ISAIA, G. C. (ed.) **Materiais de construção e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 1, p. 437-479.

FREIRE, A. A. **Uso das tintas na construção civil**. (Monografia)– Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2006. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/MONOGRAFIA%20O%20USO%20DAS%20TINTAS%20NA%20CONSTRU%27%20C3O%20CIVIL.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

GNECCO, C.; MARIANO, R.; FERNANDES, F. Pintura de manutenção industrial. In: FAZENDA, J. M. **Tintas e vernizes – Ciência e Tecnologia**. São Paulo: ABRAFITI, 2005. p. 3-9.

G1. **Revestimento ‘culpado’ por tragédia em Londres também é usado no Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/revestimento-culpado-por-tragedia-em-londres-tambem-e-usado-no-brasil.ghtml>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

_____. **Tragédia em boate no RS: o que já se sabe e as perguntas a responder**. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/01/tragedia-em-santa-maria-o-que-ja-se-sabe-e-perguntas-responder.html>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

LOH, K. **Impacto ambiental das tintas imobiliárias**. Relatório Departamento de Construção Civil. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/2007_10_31_FINEP_KAI.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2018.

_____. Tintas e vernizes na construção civil. In: ISADA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 2, p. 1523-1564.

MELLO, I. S. C.; CHIODI FILHO, M. C.; CHIODI, D. K. **Atlas de rochas ornamentais da amazônia brasileira**. Projeto Consolidação e Sustentabilidade do Setor de Rochas Ornamentais na Região Amazônica. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/atlas_rochas_ornamentais_AM.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2018.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. 12. ed. São Paulo: Globo, [199-], c. 1973. 435p.

POLITO, G. **Principais sistemas de pinturas e suas patologias**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. (Apostila.) Disponível em: <<http://www.demc.ufmg.br/tec3/Apostila%20de%20pintura%20-%20Giulliano%20Polito.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2018.

PORTAL DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE TINTAS. **Guia para redução de COV nas tintas decorativas**. [s.p.] Disponível em: <http://www.ap tintas.pt/media/apftv_guia_para_reducao_cov_tintas_decorativas.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2018.

PORTAL FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. **Pintura na construção civil**. [s.d.] Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=5&Cod=1704>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

PORTAL GIZ MODO. **O chão de vidro do 103º andar de um arranha céu nos EUA quebrou**. 2014. Disponível em: <<http://gizmodo.uol.com.br/o-chao-de-vidro-do-103o-andar-de-um-arranha-ceu-nos-eua-quebrou/>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

PORTAL TÉCNICO MINERAÇÃO. **Métodos de lavra a céu aberto**. 2015. Disponível em: <<https://tecnicoemineracao.com.br/metodos-de-lavra-a-ceu-aberto/>>. Acesso em: 6 jan. 2018.

SILVA, C. C. **Rochas na construção civil: tipos, aplicações e critérios de seleção**. (Monografia)– Especialização em Construção Civil. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

SHACKELFORD, J. F. **Ciência dos materiais**. 6. ed. São Paulo: Editora Pearson Education, 2008.

VIDRO CERTO. **Vidros na construção civil: tipos e importância**. 2015. Disponível em: <<http://vidrocerto.org.br/vidros-na-construcao-civil-tipos-e-importancia/>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

ISBN 978-85-522-0739-9



9 788552 207399 >