

Aula 00 (Prof^a. Dayana Garcia)

*Engenharia Civil p/ Concursos - Curso
Regular (Com Videoaulas) 2020*

Autor:
Dayana Garcia

18 de Dezembro de 2019

SUMÁRIO

1 - Considerações iniciais.....	8
2 - Aglomerantes.....	9
2.1 - Cimento Portland	12
2.1.1 - Produção do cimento Portland	13
2.1.2 - Composição química do cimento	14
2.1.3 - Tipos de cimento Portland	17
2.2 - Cal	21
2.2.1 - Produção da cal	21
2.2.2 - Classificação da cal hidratada	23
2.2.3 - Cal hidráulica.....	24
2.3 - Gesso	25
2.3.1 - Produção do gesso.....	26
3 - Agregados.....	29
3.1 - Agregados naturais e artificiais	29
3.2 - Massa unitária	30
3.3 - Composição granulométrica	31
3.4 - Forma e textura.....	35
3.5 - Propriedades dos agregados.....	36
3.5.1 - Índices físicos	36
3.5.2 - Propriedades mecânicas.....	38
3.5.3 - Substâncias nocivas.....	39
4 - Metais	41



4.1 - Propriedades mecânicas dos materiais.....	41
4.2 - Definições de metais.....	46
4.3 - Aços.....	46
4.4 - Ligas não ferrosas.....	51
5 - Argamassas.....	52
5.1 - Propriedades das argamassas.....	52
5.1.1 - Propriedades no estado fresco.....	52
5.1.2 - Propriedades no estado endurecido.....	55
5.2 - Classificação das argamassas.....	57
5.3 - Função das argamassas.....	60
6 - Concreto.....	63
7 - Madeiras.....	66
7.1 - Fisiologia das árvores e obtenção da madeira.....	69
7.1.1 - Classificação.....	69
7.1.2 - Fisiologia.....	70
7.1.3 - Direções das fibras.....	72
7.1.4 - Fatores que afetam as propriedades das madeiras.....	73
7.1.5 - Umidade.....	74
7.1.6 - Variação dimensional.....	76
7.1.7 - Densidade da madeira.....	77
7.1.8 - Resistência ao fogo.....	77
7.1.9 - Propriedades mecânicas.....	79
7.2 - Produtos derivados da madeira.....	81



8 - Produtos à base de cerâmica	82
9 - Vidros.....	84
10 - Tintas	86
10.1 - Materiais.....	86
10.2 - Tintas látex e esmalte sintético.....	86
10.3 - Propriedades e aplicações	88
11 - Questões Comentadas	90



APRESENTAÇÃO DO CURSO

Olá, amigos do Estratégia Concursos, tudo bem?

É com enorme alegria que damos início hoje ao nosso curso regular de Engenharia Civil. O nosso curso será focado em questões de concursos. Antes de qualquer coisa, pedimos licença para nos apresentar:

- **Dayana Garcia:** Tenho mestrado em Engenharia de Materiais e Construção e doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de Minas Gerais UFMG.

Como você já deve ter percebido, esse curso será **elaborado em conjunto com o professor Alexander Cavalcanti**.

- **Alexander Cavalcanti:** É graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (UnB) e mestre em Estruturas pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Estudou para concursos na área de engenharia desde 2011 e, atualmente, após passagens pelo MPOG (Analista de Infraestrutura) e pela ALERJ (Analista Legislativo – Engenharia Civil), exerce o cargo de **Auditor de Controle Externo – Engenharia** no Tribunal de Contas dos Municípios do Estado de Goiás (TCMGO).



NOVIDADE!

Abaixo estão os nossos contatos para quaisquer dúvidas e sugestões. Estaremos a disposição para orientá-los e ajudá-los.

Instagram: @professoradayanagarcia
@alexcava.eng



CRONOGRAMA DE AULAS

Veamos a distribuição das aulas:

Aulas	Professor	Assunto	Data
Aula 00	Dayana	Materiais de construção	18/12
Aula 01	Dayana	Mecânica dos solos	22/12
Aula 02	Alexander	Fundações e estrutura de contenção	22/12
Aula 03	Alexander	Topografia e terraplenagem	22/12
Aula 04	Alexander	Pavimentação	13/01
Aula 05	Alexander	Análise de estruturas	03/02
Aula 06	Dayana	Concreto armado	13/02
Aula 07	Dayana	Sistemas e técnicas construtivas	02/03
Aula 08	Dayana	Hidrologia e obras hídricas	13/01
Aula 09	Dayana	Instalações hidráulicas	23/01
Aula 10	Dayana	Saúde e segurança do trabalho	23/01
Aula 11	Dayana	Saneamento e meio ambiente	03/02
Aula 12	Alexander	Orçamento. Planejamento. Licitações	24/02

Esta é a nossa proposta!

As aulas em pdf têm por característica essencial a **didática**. Isso, contudo, não significa superficialidade. Pelo contrário, sempre que necessário e importante os assuntos serão aprofundados. A didática, entretanto, será fundamental para que diante do contingente de disciplinas, do trabalho, dos problemas e questões pessoais de cada aluno, possamos extrair o máximo de informações para hora da prova.

Para tanto, o material será permeado de **esquemas, gráficos informativos, resumos, figuras**, tudo com a pretensão de “chamar atenção” para as informações que realmente importam. Com essa estrutura e proposta pretendemos conferir segurança e tranquilidade para uma **preparação completa, sem necessidade de recurso a outros materiais didáticos**.

Finalmente, destaco que um dos instrumentos mais relevantes para o estudo em .PDF é o **contato direto e pessoal com o Professor**. Aluno nosso não vai para a prova com dúvida! Por vezes, ao ler o material surgem incompreensões, dúvidas, curiosidades, basta você acessar o computador e escrever no nosso fórum de dúvidas. Assim que possível responderemos a todas as dúvidas. É notável a evolução dos alunos que levam a sério a metodologia.

Além disso, teremos videoaulas! Essas aulas destinam-se a complementar a preparação. Quando estiver cansado do estudo ativo (leitura e resolução de questões) ou até mesmo para a revisão, abordaremos alguns pontos da matéria por intermédio dos vídeos. Com outra didática, você disporá de



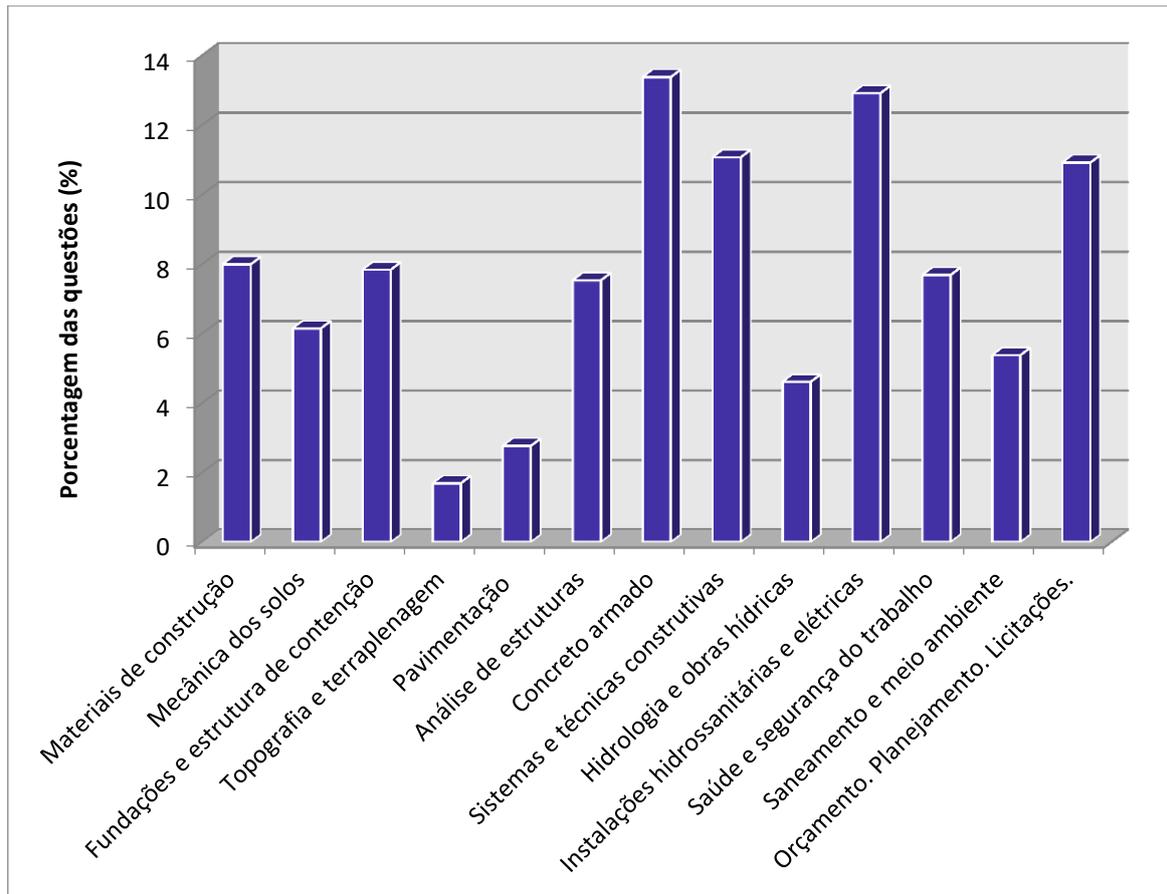
um conteúdo complementar para a sua preparação. Ao contrário do PDF, evidentemente, **AS VIDEOAULAS NÃO ATENDEM A TODOS OS PONTOS QUE VAMOS ANALISAR NOS PDFS, NOSSOS MANUAIS ELETRÔNICOS**. Por vezes, haverá aulas com vários vídeos; outras que terão videoaulas apenas em parte do conteúdo; e outras, ainda, que não conterão vídeos. Nosso foco é, sempre, o estudo ativo!

RAIO X DAS QUESTÕES

Antes de iniciarmos o nosso curso, gostaria de apresentar o nosso Raio X Estratégico. Ele foi elaborado a partir de uma pesquisa com 685 questões de várias provas anteriores. Assim, você poderá observar quais aulas são mais cobradas nos concursos de Engenharia Civil.

Tema	Questões	%
Materiais de construção	52	8,0
Mecânica dos solos	40	6,2
Fundações e estrutura de contenção	51	7,8
Topografia e terraplenagem	11	1,7
Pavimentação	18	2,8
Análise de estruturas	49	7,5
Concreto armado	87	13,4
Sistemas e técnicas construtivas	72	11,1
Hidrologia e obras hídricas	30	4,6
Instalações hidrossanitárias e elétricas	84	12,9
Saúde e segurança do trabalho	50	7,7
Saneamento e meio ambiente	35	5,4
Orçamento. Planejamento. Licitações.	71	10,9





Você deve ter observado que, quatro temas abrangem **quase 50%** de todas as questões da prova. Esses temas são: **concreto armado, instalações hidrossanitárias e elétricas, sistemas e técnicas construtivas e orçamento, planejamento e licitações**. Posteriormente, outros quatro temas correspondem a aproximadamente **30% das questões** das prova. Esses são: **materiais de construção, fundações e estruturas de contenção, análise de estruturas e saúde e segurança do trabalho**.

Observe que, se você souber esses tópicos do edital, você terá grandes chances de gabaritar a prova! Isso, pois, só aqui temos 80% do que já foi cobrado nas provas!



1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A nossa aula de hoje terá como foco os principais materiais de construção utilizados. Iniciaremos os nossos estudos com os materiais aglomerantes, principalmente com o cimento Portland, cal e gesso. Posteriormente, entraremos no assunto de agregados com suas características, propriedades e aplicações.

Os metais são materiais muito versáteis e são utilizados em elementos estruturais, esquadrias, condutores, acabamentos, etc. Embora eles apresentem várias aplicações, o nosso foco será principalmente nos aços utilizados no concreto.

Logo em seguida estudaremos as argamassas e o concreto. Tenha em mente que, na seção de concreto será tratado apenas alguns conceitos e definições, pois, teremos uma aula só sobre o assunto concreto.

Outro material bem versátil utilizado em obras de engenharia civil é madeira. Por fim, iremos ver alguns conceitos de cerâmicas, vidros e tintas.

Vamos começar?



2 - AGLOMERANTES

Os **aglomerantes** são materiais pulverulentos cuja principal função é aglutinar os agregados. Em outras palavras, formam uma pasta capaz de unir os grãos e é como se os aglomerantes fossem uma “cola”. Esses materiais entram na composição das pastas, natas, argamassas e concreto. Você sabe qual a diferença entre pasta, argamassa e concreto? O aglomerante misturado com água forma uma pasta. A argamassa é formada quando é adicionado agregado miúdo (areia) na pasta. Por outro lado, o concreto é composto pela argamassa mais o agregado graúdo (brita). Por fim, a nata é a pasta com excesso de água.



EXEMPLIFICANDO

Aglomerante + Água = Pasta

Aglomerante + Água + Agregado miúdo = Argamassa

Aglomerante + Água + Agregado miúdo + Agregado graúdo = Concreto



ESCLARECENDO!

Agregados são materiais particulares que entram na composição das argamassas e do concreto. Eles são divididos, quanto ao tamanho, em miúdos (areia) e graúdos (brita).

Quando os **aglomerantes** são misturados com água, é formada uma pasta capaz de aglutinar os agregados. Com o tempo, essa pasta **endurece** e adquire **resistência mecânica** por meio da simples secagem ou de reações químicas. Assim, os aglomerantes podem ser classificados em quimicamente inertes ou ativos. Os quimicamente **inertes** endurecem apenas por **secagem**, ou seja, pela evaporação da água (argila). Por outro lado, os aglomerantes **ativos reagem quimicamente** com a água ou com o ar e são subdivididos em aéreos e hidráulicos.



Os aglomerantes **aéreos** endurecem por causa de reações com o **ar** (a cal reage com o CO_2). Por outro lado, os aglomerantes **hidráulicos** endurecem por meio de reações de **hidratação**. Como exemplo, pode-se citar o cimento Portland que enrijece e fica resistente por causa de reações químicas de seus constituintes com a água.

Os aglomerantes também podem ser classificados de acordo com a sua **resistência à ação da água**. Nesse caso, também recebem o nome de **aéreos** e **hidráulicos**. Os aglomerantes aéreos, após o endurecimento, não são capazes de resistir à presença da água e, por causa disso, eles devem ser utilizados apenas ao ar. São exemplos desse tipo de aglomerante a cal e o gesso. Por outro lado, o cimento Portland pode ser utilizado em obras submersas, porque resiste à água sem perder as suas propriedades e, por isso, recebe o nome de aglomerante hidráulico.



Na literatura é comum encontrarmos as duas definições de aglomerantes aéreos e hidráulicos. No primeiro caso, é levado em consideração o agente responsável pelo endurecimento da pasta. Se o agente for a água, acontecerão reações de hidratação e nesse caso, teremos os aglomerantes hidráulicos. Por outro lado, quando o agente está presente no ar, como, por exemplo, o CO_2 , o aglomerante recebe o nome de aéreo.

No segundo caso, é levada em consideração a resistência da pasta à ação prolongada da água. Isso quer dizer que, um aglomerante hidráulico é capaz de ser construído até mesmo embaixo da água.

Os aglomerantes também podem ser classificados em simples, compostos, mistos e com adições. Os **simples** são aqueles formados apenas por um **único aglomerante**. Esse tipo de material pode receber adição de outros compostos, porém, apenas em pequenas quantidades e para regular o endurecimento, acelerar o ganho de resistência mecânica ou promover outras melhorias.

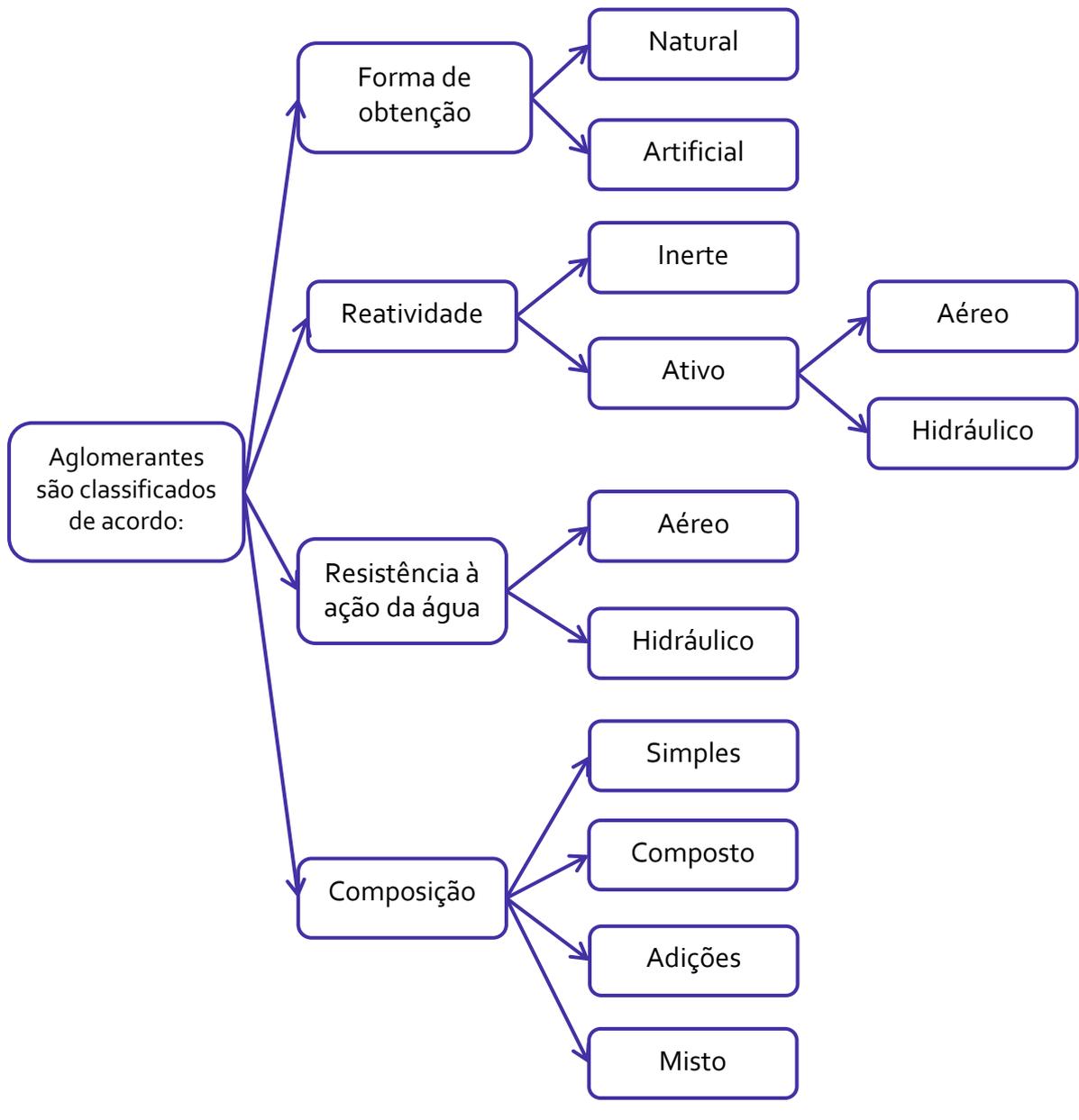
Os aglomerantes **compostos** apresentam adições de materiais – como escória granulada de alto-forno, pozolanas e materiais carbonáticos – para promover melhorias em suas propriedades. Como exemplo, tem-se o cimento composto (CP-II) que apresenta adições que melhoram a sua trabalhabilidade, resistência mecânica e durabilidade. Os aglomerantes com **adições** são similares aos aglomerantes compostos, contudo, a quantidade de adição é bem maior nesse caso. Os **mistos** são formados pela combinação de dois ou mais aglomerantes.

Os aglomerantes também podem ser classificados quanto à forma de obtenção em naturais e artificiais. Os **naturais** são obtidos diretamente na **natureza** (argila), ao passo que, os **artificiais** são obtidos por meio de **processos industriais**, como a calcinação. São exemplos de aglomerantes artificiais o cimento, a cal e o gesso.





RESUMINDO



Vamos treinar o que aprendemos?



HORA DE PRATICAR!



(Pref. Petrolina/PE, 2019) Assinale alternativa que é um aglomerante inerte.

- a) Cal aérea;
- b) Cal hidráulica;
- c) Cimento Portland
- d) Gesso
- e) Argila

Comentário:

A **letra A está errada**, pois, a cal aérea, como o próprio nome já diz, é um aglomerante aéreo e endurece pela reação química com o CO₂. Assim, a cal aérea é um aglomerante ativo.

A **letra B está errada**, pois, a cal hidráulica, assim como a cal aérea é um tipo de aglomerante ativo.

A **letra C está errada**, pois o cimento Portland endurece por meio de reações de hidratação, ou seja, reações químicas.

A **letra D está errada**, pois o gesso endurece por meio de reações químicas de hidratação.

A **letra E está correta**, pois, a argila endurece pela simples secagem da água. Nesse caso, não acontecem reações químicas e a argila é um aglomerante quimicamente inerte.

Os aglomerantes mais utilizados na construção civil são: o cimento Portland, a cal e o gesso. Vamos estudar um pouco sobre eles?

2.1 - Cimento Portland

Você sabia que o cimento Portland é um dos aglomerantes mais importantes na construção civil e ele entra na composição de argamassas e do concreto? Observe que, embora as argamassas possam ser produzidas com gesso, cal ou com aglomerantes mistos (como a cal + cimento), os concretos são sempre moldados com cimento Portland. Você sabe por que isso acontece?

O concreto é um dos elementos estruturais mais importantes e é produzido com cimento Portland. Esse tipo de cimento é um aglomerante hidráulico e apresenta resistência mecânica maior do que a resistência da cal ou do gesso. Além disso, os produtos à base de cimento Portland podem ser utilizados em ambientes com umidade elevada, até mesmo, imersos em água. Aliás, é comum a utilização de armaduras de aço para produzir o concreto armado. O mesmo não pode ser feito com o gesso, pois ele corrói o aço.

Tenha em mente que, embora existam outros cimentos, como cimentos especiais, nosso foco será apenas no cimento Portland que é o mais utilizado. Na prática, é comum nós adotarmos apenas o termo cimento, ao invés de cimento Portland.

O **cimento Portland** é definido como um **pó fino**, acinzentado e que possui propriedades aglomerantes. As reações de **hidratação** acontecem quando o cimento é misturado com água e essas reações químicas são responsáveis pelo endurecimento e resistência mecânica dos compostos cimentícios. O cimento é produzido pela calcinação de rochas calcárias e argilas em temperaturas



elevadas. Por causa disso, é um material composto essencialmente por óxidos de cálcio, silício, alumínio e ferro.

Vamos estudar o processo de fabricação do cimento?

2.1.1 - Produção do cimento Portland

O cimento Portland é produzido por meio do aquecimento de rochas calcárias com argila em temperaturas de aproximadamente 1450°C . Além disso, a matéria-prima também apresenta outros materiais ricos em silício e compostos que apresentam óxido de alumínio e ferro. Assim, os componentes básicos da matéria-prima do cimento são: a cal (CaO), a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3) e o óxido de ferro (Fe_2O_3).

No forno, acontecerá um processo conhecido como **clínquerização**, que consiste basicamente, na fusão incipiente dos compostos da matéria-prima. Esses compostos serão aglutinados e formarão o **clínquer**. Não confunda, o clínquer é o produto formado e a clínquerização é o processo para a formação do clínquer.



Na fusão incipiente apenas uma parcela da matéria-prima será fundida. No caso do cimento Portland, pode-se utilizar o termo fusão parcial no lugar de fusão incipiente.

O clínquer será resfriado, misturado com pequena adição de gesso (sulfato de cálcio) e moído, formando o cimento Portland. O gesso é adicionado para controlar o tempo de pega do cimento, ou em outras palavras, impedir que as reações de hidratação aconteçam muito rápido. Sem essa adição, a pega aconteceria quase que instantaneamente quando o cimento fosse misturado com água. Isso inviabilizaria a utilização do cimento em quase todas as obras de engenharia.

Um termo importante para os aglomerantes que reagem com água é o tempo de pega. O **início de pega** é quando as reações de hidratação se iniciam e acontece a perda da consistência da pasta plástica. No concreto, esse fator é o responsável por determinar o período útil para a sua aplicação. O fim de pega é o momento final de enrijecimento, ou seja, quando o concreto começa a endurecer e a desenvolver resistência mecânica.

O processo de produção do cimento Portland pode ser esquematizado da seguinte maneira:





(IFRN, 2014) Na finalização do processo de produção do cimento Portland, é adicionado em sua composição final o sulfato de cálcio, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, que tem como função principal:

- acelerar o tempo de pega do cimento;
- aumentar a resistência do cimento após 28 dias;
- alterar a resistência após 7 dias;
- regular o tempo de pega do cimento.

Comentário:

A **letra A está errada**, pois, o sulfato de cálcio é adicionado para controlar o tempo de pega, ao invés de acelerar a pega. Sem o gesso, a pega aconteceria quase que instantaneamente e isso inviabilizaria a utilização do cimento em várias obras de engenharia.

A **letra B está errada**, pois, a adição do sulfato de cálcio no cimento é realizada para controlar o tempo de pega e não para aumentar a resistência mecânica.

A **letra C está errada** pelas mesmas considerações da letra B.

A **letra D está correta**, pois, o sulfato de cálcio é adicionado para controlar o tempo de pega.

2.1.2 - Composição química do cimento

Após o processo de clínquerização, são formados os quatro principais compostos do clínquer e estes estão apresentados na Tabela 2.1. Note que, são dois silicatos de cálcio, um aluminato de cálcio e um ferroaluminato de cálcio. Na química do cimento é comum a utilização de abreviações e cada letra corresponde a um óxido. Assim, a letra **C** corresponde ao CaO , **S** (SiO_2), **A** (Al_2O_3), **F** (Fe_2O_3), **H** (H_2O) e **CH** ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Tabela 2.1– As quatro fases principais do clínquer¹

Nome do composto	Composição em óxidos	Abreviação	Quantidade em massa do cimento (%)
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	45 – 60
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	15 – 30
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	6 – 12
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	6 – 8

¹ METHA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. **Concrete: Microstructure, Properties, and Materials**, 4ª edição. New York. Ed. McGraw-Hill Professional Publishing: 2013.



Os dois **silicatos de cálcio** (C_3S e C_2S) são os compostos mais abundantes e são responsáveis pelas **propriedades mecânicas** dos compostos cimentícios. O C_3S (alita) é fundamental no endurecimento e na resistência mecânica dos produtos à base de cimento, em idades iniciais. Ao passo que, o C_2S (belita) se hidrata mais lentamente, contribuindo para a resistência mecânica em idades mais avançadas. Além disso, cimentos produzidos com maior quantidade de C_2S são mais duráveis.

O C_3A é o composto mais **reativo** e sua reação com a água é praticamente instantânea e libera grande quantidade de **calor de hidratação**. Por causa disso, é realizada a adição de gesso para controlar o tempo de pega. O gesso (gipsita) libera íons sulfatos que retardam as reações do C_3A . Este composto não contribui para a resistência mecânica e deixa a pasta de cimento endurecida suscetível ao ataque por sulfatos.



ESCLARECENDO!

O **calor de hidratação** é o calor liberado durante a hidratação do cimento (reação exotérmica). Se a quantidade de calor for elevada, surgirão fissuras nos compostos cimentícios e isso comprometerá tanto a resistência mecânica como a durabilidade. A finura do cimento também afeta a taxa de liberação de calor e quanto mais fino for o cimento, maior será a taxa de calor liberado.

O C_4AF está presente em pequenas quantidades no cimento e, em comparação com os outros três compostos, não afeta significativamente o comportamento dos materiais cimentícios. Os compostos formados da hidratação do C_4AF são similares aos produtos da hidratação do C_3A , porém, com a presença de óxido de ferro em sua composição química. Seu papel principal está na resistência a ataques químicos, principalmente no ataque por sulfatos.

Além dos quatro elementos principais do clínquer, existem outros compostos conhecidos como secundários, que são: CaO , MgO , TiO_2 , K_2O e Na_2O . Eles são chamados de secundários, pois, são encontrados em pequenas proporções no cimento. Cuidado especial deve ser tomado com o K_2O e Na_2O , pois estes são conhecidos como **álcalis** e podem provocar reações expansivas com os agregados (reação álcali-agregado). Esses compostos são aceitáveis apenas em pequenas quantidades, pois, teores elevados provocam expansão volumétrica e formação de fissuras.



RESUMINDO

Cimentos com maior quantidade de C_3S apresentam endurecimento mais rápido e maior resistência inicial. Contudo, o C_3S é o segundo composto que libera mais calor de hidratação, ficando atrás apenas do C_3A .



O C_2S apresenta baixa reatividade e, por causa disso, endurecerá mais lentamente. Contudo, a taxa de liberação de calor é menor, e a resistência mecânica em idades avançadas é maior.

O C_3A apresenta taxa de liberação de calor de hidratação alta, além de ser susceptíveis ao ataque por sulfatos. A pega é muito rápida, sendo controlada pela adição de gesso. Assim, as desvantagens de alto teor de C_3A são: liberação de calor de hidratação, baixa resistência mecânica e alta retração.

O C_4AF é o que confere a coloração acinzentada no cimento, não contribui para a resistência mecânica, porém confere resistência em ambientes com sulfatos.



(DETRAN/CE, 2018) O Cimento Portland é um aglomerante obtido a partir da pulverização do clinker essencialmente composto de substâncias químicas constituintes que lhe conferem características importantes e fundamentais ao seu desempenho. A mistura de matérias-primas, em proporções convenientes é pulverizada, homogeneizada e submetida à ação do calor no forno produtor de cimento até a temperatura de fusão incipiente, que resulta na obtenção do clinker. Resultam deste processo, combinações químicas no estado sólido. Considerando os principais constituintes químicos do Cimento Portland, assinale a opção correta.

- a) Silicato tricálcico – $(3Ca(OH)_2.SiO_2 = C_3S)$
- b) Aluminato tricálcico – $(3CaHCO_3.Al_2O_3 = C_3A)$
- c) Ferro Aluminato tetracálcico – $(4CaOH.Fe_2O_3.Al_2(OH)_3 = C_4AFe)$
- d) Silicato bicálcico – $(2CaO.SiO_2 = C_2S)$

Comentário:

A **letra A está errada**. Não se esqueça de que as abreviações do cimento correspondem aos óxidos. Assim, o C_3S é formado por 3 óxidos de cálcio e um óxido de silício ($3CaO.SiO_2$).

A **letra B está errada**. O aluminato tricálcico (C_3A) é formado por 3 óxidos de cálcio e uma alumina ($3CaO.Al_2O_3$).

A **letra C está errada**. O ferro aluminato tetracálcico é representado pela abreviação C_4AF e não C_4AFe . Além disso, a sua fórmula química corresponde a $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$.

A **letra D está correta**. O silicato dicálcico ou bicálcico (C_2S) é formado por 2 óxidos de cálcio e um óxido de silício ($2CaO.SiO_2$).

Vamos estudar agora os tipos de cimento Portland? Esse assunto despenca nas provas!





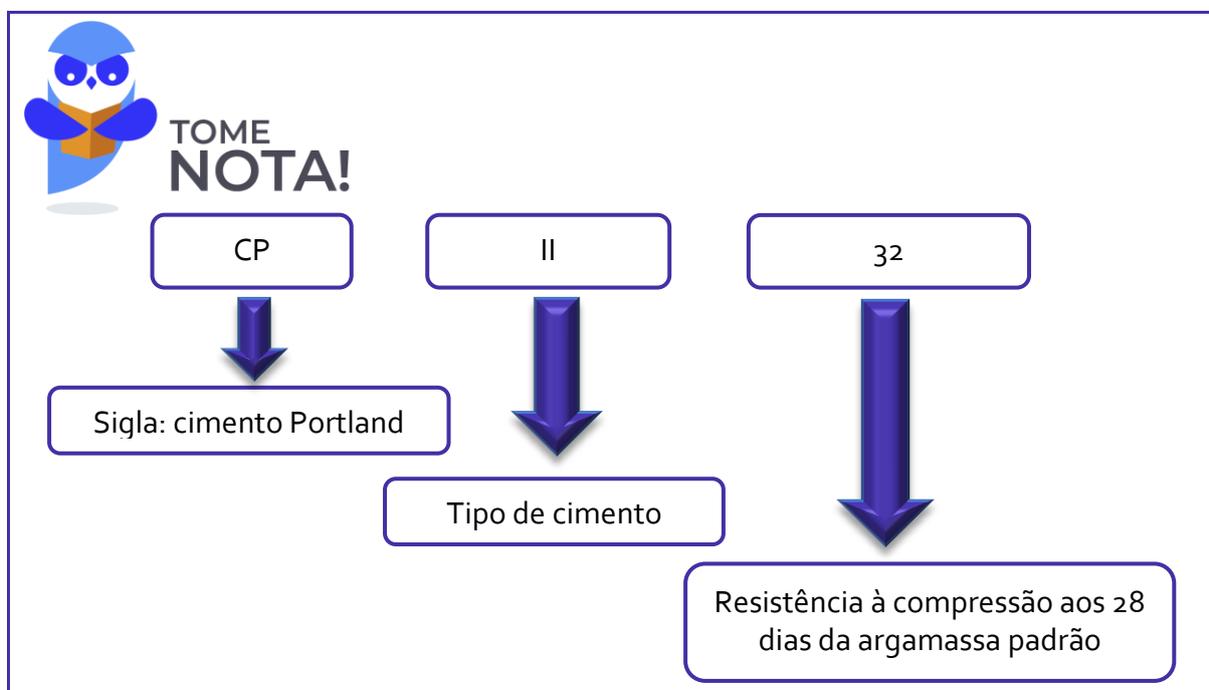
DESPENCA NA
PROVA!

2.1.3 - Tipos de cimento Portland

Os cimentos são diferenciados de acordo com a sua composição química e esta pode ser modificada pela adição de escória granulada de alto-forno, pozolanas e materiais carbonáticos. A **escória granulada de alto-forno** é um subproduto industrial cuja principal função é diminuir a quantidade de calor de hidratação proveniente das reações químicas do cimento com água.

Os materiais **pozolânicos** são materiais silicosos ou alumino-silicosos que quando moídos e na presença de umidade reagem com o hidróxido de cálcio (proveniente da hidratação do cimento) e formam mais compostos com propriedades aglomerantes². O **fíler** calcário, ou materiais carbonáticos, é adicionado ao cimento para melhorar a trabalhabilidade e geralmente é inerte.

A **caracterização** do cimento é feita por meio da sigla CP (cimento Portland), acompanhado de um algarismo romano (tipo de cimento) e um algarismo arábico que correspondem à resistência mínima à compressão aos 28 dias da argamassa padrão. Contudo, no cimento de alta resistência inicial (ARI), a resistência à compressão referência é aos sete dias.



² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.



No Brasil, existem cinco tipos básicos de cimento (CP I, CP II, CP III, CP IV e CP V) e três especiais (CPB, RS, BC) normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

CP I – cimento Portland comum: é o tipo de cimento “puro”, formado praticamente pelo clínquer e a adição de gesso. O CP I pode apresentar até 5% de adição de filer, pozolana ou escória granulada de alto-forno. Outro tipo de cimento comum é o CP I - S, apresentando quantidade de filer variando entre 6% a 10%. Note que, esses cimentos são caros e com baixas resistências mecânica e química. Por causa disso, não é comum encontrá-los no mercado.

CP II – cimento Portland composto: apresenta adição de outros materiais para melhorar a trabalhabilidade, diminuir o calor de hidratação e/ou aumentar o adensamento do concreto. Existem três tipos de CP II: **CP II – E** com adição de escória granulada de alto-forno, que confere baixo calor de hidratação e melhora a durabilidade; **CP II – F** com adição de filer para melhorar a trabalhabilidade, adensamento e baratear o cimento; e **CP II – Z** com adição de pozolanas para melhorar o adensamento e diminuir a permeabilidade. Os cimentos CP II são utilizados em diversas obras em aplicações comuns.

CP III – cimento Portland de alto-forno: apresenta teor de **escória granulada de alto-forno** variando entre 35 - 75%. Esse cimento é utilizado para a confecção de concretos mais duráveis em ambientes agressivos, uma vez que, apresenta baixo calor de hidratação e alta resistência ao ataque por sulfatos e reações álcalis-agregado. Assim, são recomendados em obras de concreto massa, como barragens, e obras com grande volume de concreto. Porém, a sua hidratação é lenta e não são utilizados em obras que necessitem de alta resistência inicial ou desenforma rápida.

CP IV – cimento Portland pozolânico: apresenta em sua composição quantidade de material pozolânico variando entre 15 - 50%. Por causa das pozolanas, apresenta baixo calor de hidratação e isso é adequado para a concretagem de grandes volumes de concreto, como concreto massa e em concretagem em temperatura mais elevada. Proporciona menor porosidade e, conseqüentemente, produz concretos mais duráveis.



A diferença entre os cimentos CP II - E e CP III está na quantidade de escória que é maior no cimento Portland de alto-forno, ou seja, CP III.

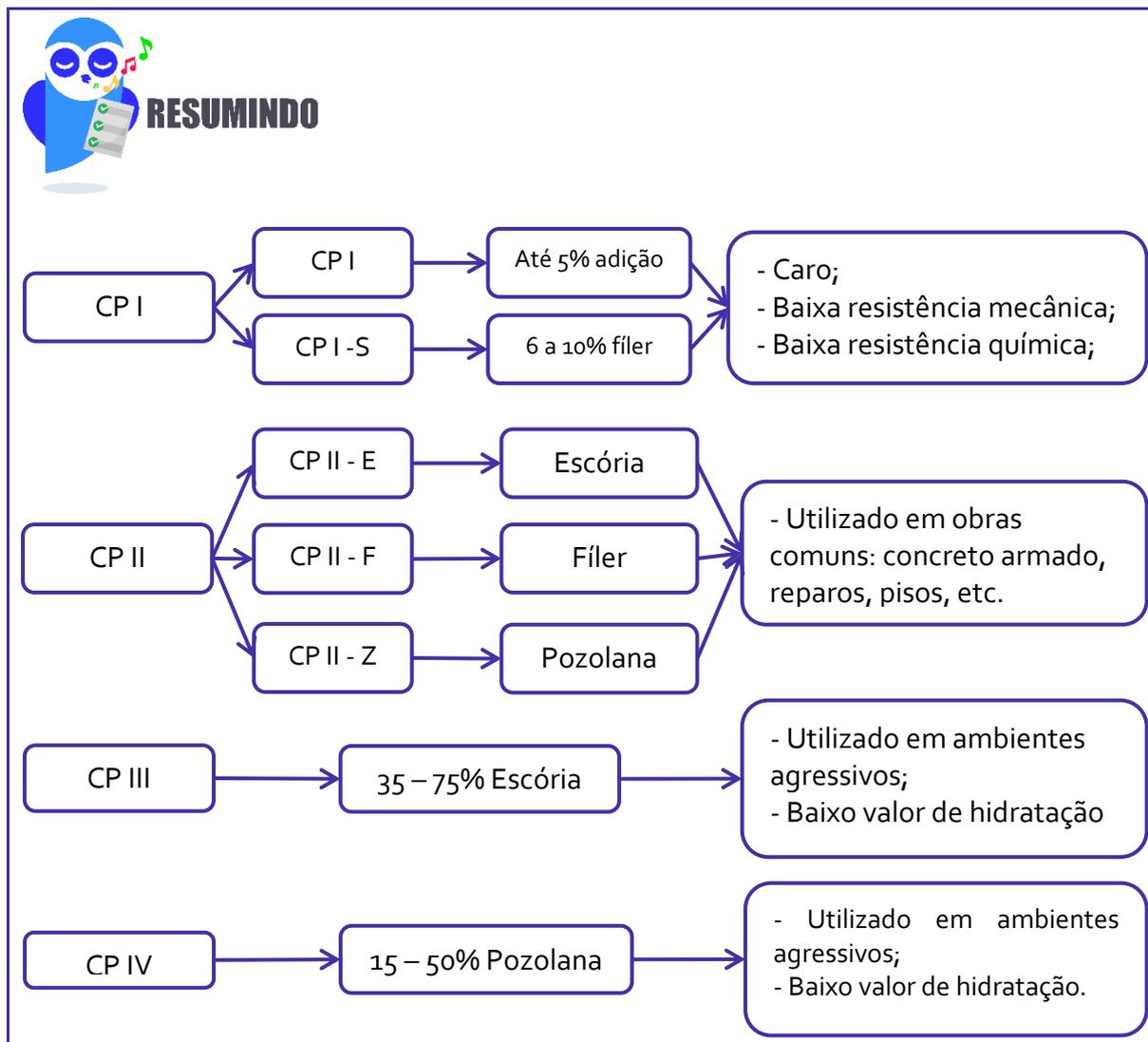
O mesmo se aplica aos cimentos CP II - Z e CP IV, cuja quantidade de materiais pozolânicos é maior no CP IV.

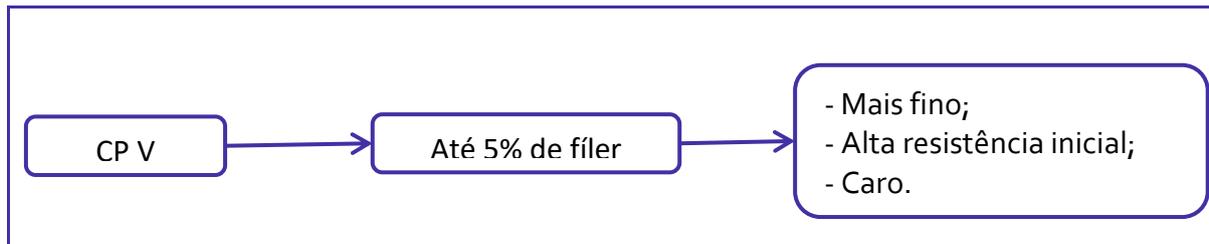
Não confunda a aplicação deles, os cimentos compostos CP II são utilizados em obras comuns, ao passo que o CP III e CP IV são utilizados em concreto massa e em ambientes mais agressivos. Além disso, o CP III é utilizado em condições mais severas do que o CP IV.

CP V ARI – cimento Portland de **alta resistência inicial**: é um cimento praticamente puro e pode apresentar até 5% de materiais carbonáticos. Além disso, o CP V é **mais fino** do que os demais cimentos e pode apresentar maior quantidade de C_3S . Conseqüentemente, possui maior reatividade e adquire resistência mecânica mais rapidamente. No entanto, como limitação, libera grande quantidade de calor de hidratação, além de ser mais suscetível a retração e a fissuração e possuir **custo mais elevado**. Esse tipo de concreto deve ser evitado em argamassas e concreto massa.

CPB – cimento Portland **branco**: apresenta em sua composição química **ausência de óxidos de ferro e manganês** o que resulta na cor branca. Existem dois tipos de cimento branco: o CPB com função estrutural e o CPB sem função estrutural. Esse tipo de cimento é mais caro do que os cimentos anteriores e por causa disso, é utilizado apenas quando houver exigências estéticas no projeto arquitetônico.

Os cimentos também podem ser classificados em **resistentes a sulfato (RS)** e de baixo calor de hidratação. Os cimentos RS são utilizados em ambientes muito agressivos, como, em contato com redes de esgoto e ambientes industriais. O cimento de **baixo calor de hidratação (BC)** retarda a hidratação e libera menor calor de hidratação, evitando o aparecimento de trincas e fissuras de origem térmica. Essas siglas poderão estar presentes em qualquer um dos cimentos descritos anteriormente, como exemplo, CP II - E 32 RS.





HORA DE
PRATICAR!

(Pref. Sobral/CE - 2018) Dentre os principais aglomerantes, todos os tipos de Cimento Portland são adequados a todos os tipos de estruturas e aplicações. Entretanto, existem alguns cimentos específicos e recomendáveis a determinados usos. As principais vantagens na utilização de alguns tipos de cimento se refere à maior estabilidade, durabilidade, impermeabilidade, menor calor de hidratação, maior resistência ao ataque por sulfatos, maior resistência à compressão, assim como tração e flexão em idades mais avançadas. Desta forma, são recomendáveis a obras de concreto-massa, como barragens, peças de grandes dimensões, fundações de máquinas e pilares, obras em contato com ambientes agressivos por sulfatos e terrenos salinos, tubos e canaletas para condução de líquidos agressivos, esgotos ou efluentes industriais, concretos com agregados reativos, visto que esses cimentos concorrem para minimizar os efeitos expansivos da reação álcali-agregado. Também são aplicáveis em pilares de pontes ou obras submersas em contato com águas correntes puras, obras em zonas costeiras ou em água do mar, pavimentação de estradas e pistas de aeroportos, entre outras. Os tipos de cimento que são mais apropriados a esses critérios são os seguintes:

- a) CP II – E e CP II – Z.
- b) CP I e CP III – F.
- c) CP III e CP IV.
- d) CP II – Z e CP II – F.

Comentário:

A **letra A está errada**, pois, os cimentos do tipo CP II são indicados para aplicações corriqueiras. Em ambientes muito agressivos é recomendada a utilização de cimentos CP III e CP IV.

A **letra B está errada**, pois, o cimento CP I não é muito adequado para ambientes extremamente agressivos.

A **letra C está correta**. De acordo com o enunciado, os cimentos serão utilizados em obras de concreto-massa e peças de grandes dimensões, ambientes agressivos com sulfatos e terrenos salinos, entre outras aplicações. Essas aplicações exigem a utilização de cimentos com maior estabilidade, durabilidade, impermeabilidade, menor calor de hidratação, maior resistência ao ataque por sulfatos. Nesse caso, são os cimentos CP III e CP IV.

A **letra D está errada**, pois, os cimentos do tipo CP II são indicados para aplicações corriqueiras. Em ambientes muito agressivos é recomendada a utilização de cimentos CP III e CP IV..



2.2 - Cal

Você sabia que antes da invenção do cimento Portland, em 1824, a cal era o principal aglomerante utilizado? Hoje em dia, ela é utilizada principalmente na confecção de argamassas e no processo de caiação (pintura à base de cal). A **cal** é um aglomerante **aéreo** e endurece devido às reações químicas com o CO_2 . Além disso, também apresenta baixa resistência quando exposto a ação contínua com a água. É um material branco, fino e obtido a partir da calcinação de rochas carbonáticas compostas basicamente por cálcio e magnésio.



Difusão é um processo de transporte de massa da região de maior concentração para a de menor concentração. No caso da cal, o CO_2 se difundirá ao longo da pasta ou argamassa, pois, o ar apresenta concentração maior de CO_2 . Além disso, é um processo dependente do tempo e é lento.

As rochas carbonáticas são rochas sedimentares e compostas principalmente por carbonatos. Os principais tipos de rochas carbonáticas são os calcários (carbonato de cálcio) e dolomito (carbonato de cálcio e magnésio). Além disso, também é comum a presença de impurezas como sílica, alumina e óxido de ferro.

Se você for a uma loja de materiais de construção, você sempre encontrará dois tipos de cal: cal virgem e cal hidratada. Qual a diferença entre elas?

A **cal virgem**, também conhecida como cal viva, é formada principalmente por **óxidos** de cálcio ou magnésio que são provenientes da calcinação das rochas carbonáticas. É um material que não pode ser utilizado diretamente na construção civil, uma vez que, são os hidróxidos os responsáveis pela capacidade aglomerante. Assim, para a utilização da cal virgem é necessário realizar a sua hidratação, processo também conhecido com **extinção da cal**.

O tipo mais comum de cal utilizado no canteiro de obras é a **cal hidratada** que é obtida a partir da hidratação da cal virgem. Assim, essa cal é formada por **hidróxido** de cálcio, hidróxido de magnésio e pequenas quantidades de óxidos e carbonatos. A compra da cal já hidratada é vantajosa, pois, industrialmente, as condições de hidratação da cal virgem são controladas e a qualidade do produto final é melhor.

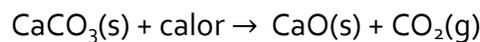
2.2.1 - Produção da cal

Como descrito anteriormente, a cal é obtida a partir da calcinação das rochas carbonáticas. De maneira esquematizada, as etapas para a produção da cal são as seguintes:

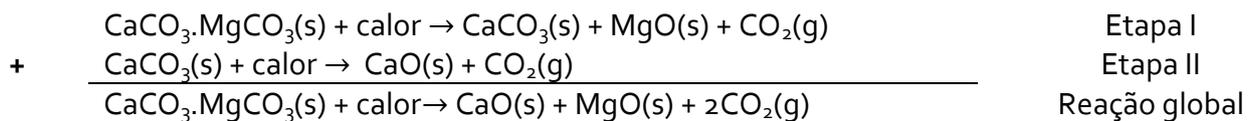




A calcinação é um tratamento térmico que promove transformações físico-químicas, eliminando substâncias voláteis e permitindo a formação de óxidos. Em outras palavras, é uma reação química de decomposição térmica. No caso da cal, as **rochas calcárias** (ricas em CaCO_3) são submetidas ao tratamento térmico que se iniciam em 660°C e termina a 900°C . Como resultado, tem-se a formação de **óxido de cálcio** (CaO) e a liberação de CO_2 ³.



Para os dolomitos ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), a calcinação acontece em duas etapas distintas. Primeiramente, o dolomito é decomposto em carbonato de cálcio, no processo que se inicia a 250°C e termina em 380°C . Posteriormente, o produto sólido será calcinado novamente e o carbonato de cálcio será decomposto em óxido de cálcio, igual ao processo descrito anteriormente. As equações químicas estão apresentadas abaixo.

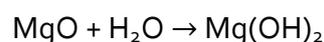
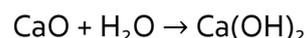


Assim, a partir da calcinação dos **dolomitos** são formados **óxido de cálcio** e óxido de **magnésio**. O óxido de magnésio é supercalcinado e, por causa disso, apresenta maior dificuldade em se transformar em hidróxido. A cal virgem pode ser classificada de acordo com a quantidade de óxido de cálcio em³:

- cálcica ($\text{CaO} \geq 90\%$);
- magnésiana ($65\% < \text{CaO} < 90\%$);
- dolomítica ($\text{CaO} \leq 65\%$).

Após o processo de calcinação, a cal é moída e extinta para a produção da cal hidratada. A reação de hidratação é altamente exotérmica e libera muito calor. Por causa disso, cuidados especiais devem ser levados em consideração no canteiro de obras para evitar acidentes. O superaquecimento também prejudica a qualidade final e pode levar a menor formação de hidróxidos.

As reações de hidratação para o óxido de cálcio e magnésio podem ser simplificadas em:



³CINCOTTO, M.A.; QUARCIONI, V. A., JOHN, V. M. Cal na Construção Civil. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil**: e princípios de ciência e engenharia de materiais. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. 2 v. cap. 8.





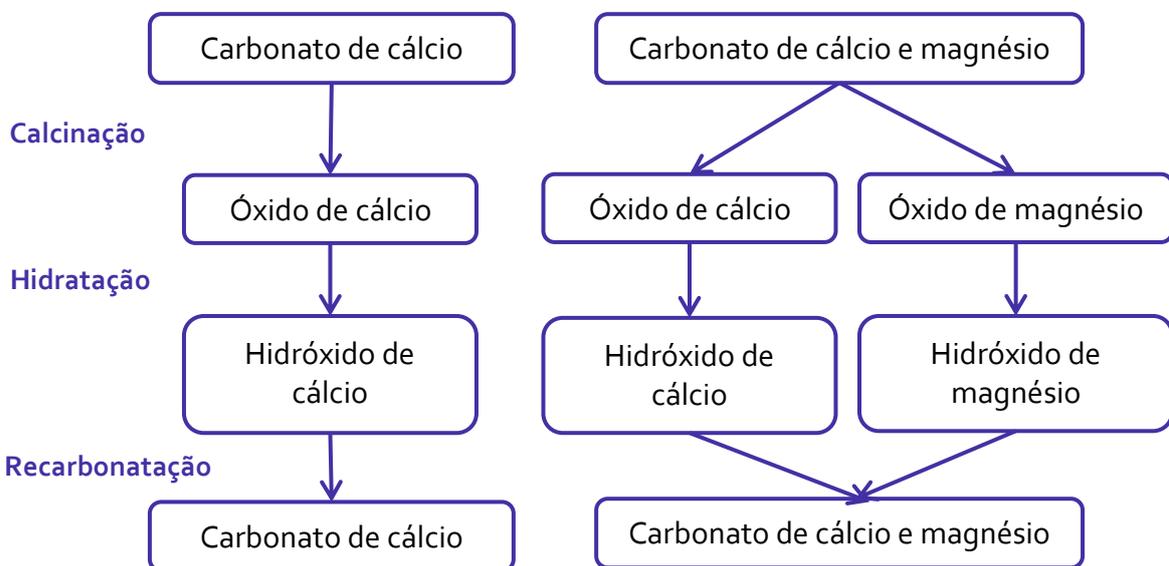
ATENÇÃO DECORE!

O hidróxido é o responsável pela capacidade da pasta em aglomerar os agregados. Assim, qualquer quantidade de óxido não hidratado ou carbonatos é considerada prejudicial. Isso, pois, a hidratação tardia dos óxidos promove o surgimento de trincas e fissuras.

Após as etapas de hidratação e moagem, a cal estará pronta para ser utilizada na construção. A pasta de cal hidratada endurece em contato com o ar, por causa de reações químicas com CO_2 . Esse processo é conhecido como **recarbonatação** e os hidróxidos se convertem em carbonatos (responsáveis pela resistência mecânica).



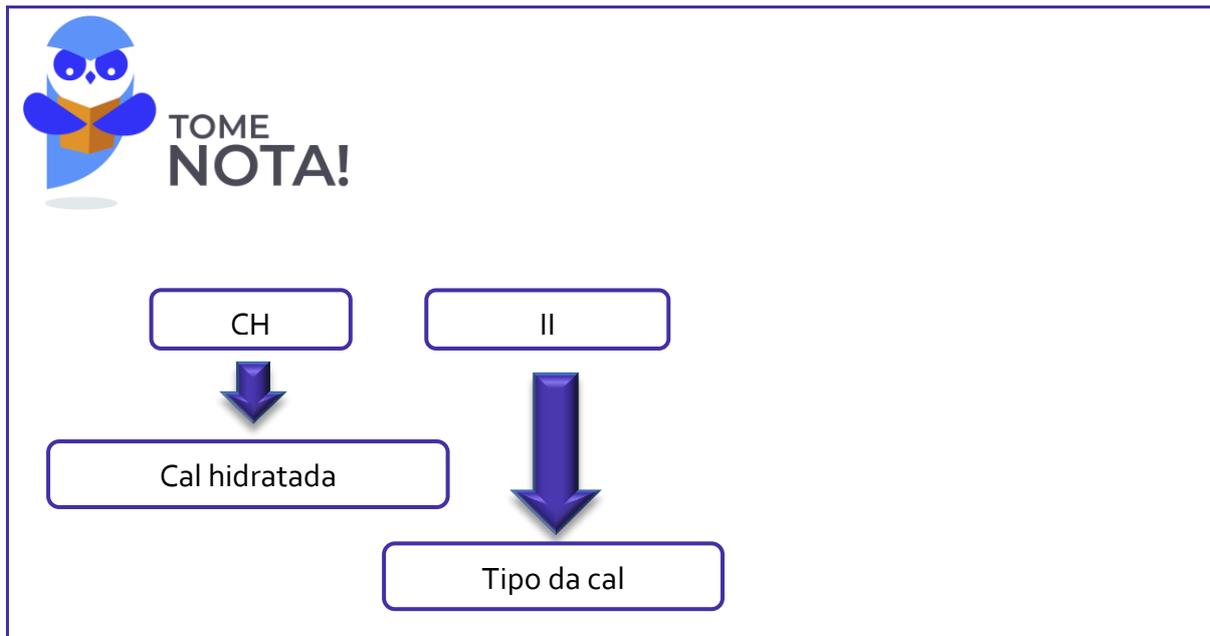
EXEMPLIFICANDO



2.2.2 - Classificação da cal hidratada

A cal hidratada pode ser classificada de acordo com a sua composição química. A caracterização da cal é feita por meio da sigla CH (cal hidratada) acompanhada por um algarismo romano (tipo da cal). No mercado brasileiro podemos encontrar três tipos de cal: CH I, CH II e CH III.





CH I – cal hidratada **especial**: é a mais nobre, pois, possui maior quantidade de óxidos e pequenas quantidades de materiais carbonáticos. Por causa disso, a CH I é um aglomerante com melhores capacidades ligante, de retenção de água e incorporação de areia. As propriedades de retenção de água e incorporação de areia são propriedades das argamassas e estudaremos isso na seção de argamassa.

CH II – cal hidratada **comum**: apresenta maior quantidade de óxidos do que a CH I. Apresenta propriedades intermediárias as propriedades da CH I e CH II.

CH III – cal hidratada **comum com carbonatos**: apresenta qualidade inferior em comparação com a CH I e CH II, porém, devido à quantidade maior de materiais carbonáticos, ela apresenta melhor trabalhabilidade e plasticidade.

A presença de carbonatos significa que houve deficiência no processo de calcinação ou pode estar associada à armazenagem inadequada, promovendo a recarbonatação. Grande quantidade de óxidos na cal é considerada prejudicial, uma vez que, os óxidos podem se hidratar mais tarde. Note que, os hidróxidos apresentam volume maior do que os óxidos e isso pode levar a fissuração, causando danos estéticos e econômicos.

2.2.3 - Cal hidráulica

Cal hidráulica é um tipo de cal obtida pela calcinação das rochas calcárias + argila em temperaturas próximas a 1000°C. O endurecimento acontece tanto por reações de **hidratação** como **reações com o CO₂**. Esse tipo de cal é composto por silicatos e aluminatos e óxido de cálcio e também é submetido à extinção para eliminar a cal virgem. A cal hidráulica pode ser utilizada nas mesmas aplicações do cimento Portland, desde que não sejam exigidas propriedades mecânicas elevadas.





(DPE - MA, 2018) A cal é, certamente, o ligante mais antigo utilizado pela humanidade e devido às suas características únicas, permanecendo um material importante em inúmeras aplicações na construção civil. A cal é um ligante ..I.. e seu endurecimento, quando comparado ao do cimento Portland e gesso, é muito ..II.., pois depende da difusão do ..III.. para o interior do produto. A resistência mecânica de produtos correntes que utilizam cal como ligante são muito ..IV.. aos obtidos com o uso do cimento Portland, pois, por diversas razões, é difícil produzir sistemas com baixa porosidade. Essa característica também leva os produtos correntes que utilizam cal a apresentarem módulo de elasticidade ..V.. em comparação aos que utilizam cimento Portland.

As lacunas I, II, III, IV e V são, correta e respectivamente, preenchidas por

- a) aéreo – lento – O₂ – inferiores – superior
- b) aéreo – lento – CO₂ – inferiores – inferior
- c) aéreo – rápido – H₂O – superiores – inferior
- d) hidráulico – lento – CO₂ – inferiores – inferior
- e) hidráulico – rápido – O₂ – superiores – superior

Comentário:

A cal é um aglomerante **aéreo**, pois, seu endurecimento acontece por causa de reações químicas com o CO₂ do ar. O seu endurecimento é muito **lento**, pois depende da difusão do **CO₂** para o interior das pastas ou das argamassas. O cimento Portland é o aglomerante que apresenta maior resistência mecânica. Por causa disso, a resistência mecânica de produtos correntes que utilizam cal como ligante são muito **inferiores** aos obtidos com o uso do cimento Portland. Porém, os produtos de cal são menos rígidos e por isso o seu módulo de elasticidade é **inferior**.

Assim, a sequência correta é aéreo – lento – CO₂ – inferiores – inferior e **a letra B está correta**.

2.3 - Gesso

O **gesso** é um aglomerante obtido pela calcinação do gipso e é formado, basicamente, por **sulfatos** e **anidros** de cálcio. O gipso é o minério mais comum dos sulfatos e apresenta em sua composição gipsita (CaSO₄.2H₂O), anidrita (CaSO₄.H₂O) e pequenas quantidade de impurezas como a sílica, óxido de ferro, carbonatos de cálcio e magnésio e alumina. As normas brasileiras limitam o teor de impurezas em até **6%**.

A **vantagem** do gesso é que ele apresenta **pega rápida** e isso está diretamente relacionado com a produtividade. Contudo, aditivos retardadores de pega podem ser adicionados em situações que exijam maior tempo de execução. O gesso forma uma **pasta plástica, lisa e branca** e confere acabamento estético e pronto para receber pintura. Além disso, causa menos danos ao meio ambiente, pois, utiliza **menor quantidade de energia** para a sua fabricação.



Porém, como todo material de construção, o gesso também apresenta algumas **desvantagens**. Esse material apresenta **baixa resistência** em ambientes com presença de **umidade**, por causa da alta solubilidade da gipsita. Consequentemente, a superfície torna-se pulverulenta e pode comprometer a **aderência** de tintas.

As placas de gesso são mais suscetíveis a movimentação **higrotérmica** do que outros componentes presentes no mesmo sistema. Por causa disso, cuidados especiais são necessários com relação às juntas de dessolidarização do edifício. Embora o gesso apresente boa aderência ao aço, este tende a **corroer as armaduras**. Por causa disso, se for necessária à utilização de aços, estes devem ser galvanizados.



As movimentações higrotérmicas são causadas pela ação da umidade e da temperatura.

As juntas de dessolidarização são juntas que absorvem as movimentações das paredes e contrapisos. Esse tema será tratado na nossa aula de técnicas construtivas.



O gesso pode ser considerado tanto um aglomerante hidráulico como aéreo. Aglomerante hidráulico, pois, endurece por causa de reações de hidratação e aéreo, pois, se solubiliza facilmente e não resiste muito tempo na presença de umidade.

2.3.1 - Produção do gesso

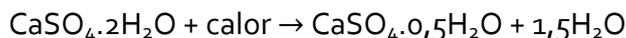
O processo de fabricação do gesso é similar ao do cimento e da cal, no sentido em que, primeiramente as matérias-primas são selecionadas e tratadas. Assim, após a extração, a matéria-prima é moída, homogeneizada e seca. Posteriormente, será realizada a calcinação, seguida de moagem e seleção da granulometria adequada. O processo de fabricação pode ser esquematizado da seguinte maneira:



A matéria-prima, rica em gipsita, é levada para calcinação em temperaturas variando entre 140°C e 160°C. Note que, a temperatura para a produção do gesso é bem menor do que a temperatura do cimento

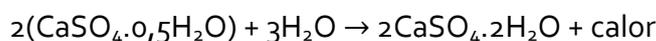


Portland (1450°C) e da cal (900°C). A partir da calcinação da gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), é formado o hemidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), produto conhecido como **gesso estuque** ou **gesso Paris**, conforme equação a seguir.



O hemidrato produzido poderá ser submetido a outros tipos de tratamentos térmicos e com diferentes temperaturas. A partir de 250°C o gesso perderá toda água e como resultado, tem-se a formação da anidrita. Temperaturas variando entre 400 e 600°C transformam a anidrita em um material inerte. Temperaturas acima de 900°C produzem o gesso hidráulico.

Ao ser misturado com água, o **gesso** forma uma pasta homogênea, plástica e trabalhável. A pasta apresenta endurecimento rápido por causa do processo de **hidratação** e o enrijecimento acontece por causa da formação de uma malha de cristais de sulfato hidratado. As reações químicas de hidratação são exotérmicas e são inversas às reações de produção do gesso. Nesse caso, os hemidratos e anidridas reagem com a água e formam gipsita.



A pega do gesso geralmente acontece após 4 a 10 minutos e apresenta tempo final de pega após 20 ou 45 minutos⁴. Embora a pega termine após 45 minutos, o gesso continua endurecendo (ficando mais resistente) durante semanas. As **propriedades** do gesso são influenciadas pela **finura**, **temperatura**, quantidade de **água** da pasta e pela presença de **impurezas**. Quanto mais fino o material, maior será a sua reatividade e conseqüentemente, o ganho de resistência mecânica será maior. Temperaturas mais altas aceleram as reações químicas e o tempo de pega.

Quanto menor a relação água/gesso, menos trabalhável a pasta ou a argamassará será, contudo, a pega será mais rápida. Lembre-se que, o excesso de água compromete as propriedades finais, aumentando a porosidade e diminuindo a resistência mecânica. Teor elevado de impurezas presente na matéria-prima interfere negativamente nas propriedades do gesso.

Os produtos à base de gesso **aderem** facilmente em **alvenarias**, **compostos cimentícios** e **metais**, mas apresentam **baixa aderência** em superfícies de **madeira**. Embora a aderência entre o gesso e o aço seja boa, o gesso provoca reações de oxidação do ferro. Por causa disso, não pode ser feito gesso armado como no caso dos concretos. Contudo, pode ser utilizado aço galvanizado.

O gesso não é um aglomerante com propriedades mecânicas elevadas. Geralmente, as pastas possuem resistência à **tração** entre **0,7 MPa a 3,5 MPa** e resistência à **compressão** entre **5 MPa e 15 MPa**. Contudo, esse material apresenta **boas propriedades de isolamento** térmico, acústico, propagação do fogo e impermeabilidade ao ar. Geralmente, a condutividade térmica do gesso é aproximadamente 1/3 da condutividade de tijolos comuns.

⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13207**: Gesso para construção civil – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.





(Pref. Petrolina/PE, 2019) Consiste no aglomerante obtido a partir da desidratação total ou parcial da gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), material natural encontrado na natureza com algum teor de impurezas, como a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3), o óxido de ferro (FeO) e o carbonato de cálcio (CaCO_3), sendo o teor máximo de impurezas limitado em 6%. Esse aglomerante é denominado de:

- a) Gesso.
- b) Cal aérea.
- c) Cal hidráulica.
- d) Cimento Portland.
- e) Betume.

Comentário:

A **letra A está correta**, pois, o gesso é o aglomerante obtido pela desidratação total ou parcial da gipsita. Como resultado, tem-se a formação do hemidrato. Além disso, a quantidade de impurezas é limitada a um teor máximo de 6%.

A **letra B está errada**, pois, a cal aérea é obtida pela calcinação de rochas carbonáticas.

A **letra C está errada**, pois, a cal hidráulica é obtida pela calcinação de rochas carbonáticas com argila.

A **letra D está errada**, pois, o cimento Portland é obtido pela calcinação de rochas calcárias e argila.

A **letra E está errada**, pois, o betume é um material formado por hidrocarbonetos.



3 - AGREGADOS

Os **agregados** são definidos como materiais granulares, **inertes**, de baixo custo e com tamanho e características adequados ao uso na engenharia civil. Esses materiais são utilizados em praticamente todas as obras de infraestrutura, como: estruturas de edificações, barragens, pavimentação, estruturas de contenção, etc.

Na confecção de argamassas ou do concreto, eles possuem como principal função o **preenchimento**. Do ponto de vista **econômico**, a sua utilização é vantajosa, uma vez que os aglomerantes são mais caros do que a areia e a brita. Além da função de preenchimento, também **evitam a retração** das pastas.

Os agregados devem ser compostos por grãos estáveis e limpos e não podem apresentar substâncias, em quantidade e natureza, que afetem negativamente o desempenho das argamassas e do concreto. Os agregados podem ser **classificados** segundo a forma de obtenção, processo de extração, massa unitária, tamanho dos grãos, forma e textura. Todos esses pontos serão abordados a seguir. O foco do nosso curso será nos agregados utilizados em argamassas e concreto.

3.1 - Agregados naturais e artificiais

A maior parte dos agregados utilizados na engenharia civil (cascalho, seixos rolados e pedra britada) é proveniente de fontes naturais. Esses são conhecidos como os **agregados naturais** e são derivados de rochas. Como exemplos, nós temos a areia rica em quartzo (SiO_2) e as rochas calcárias (CaCO_3) que são utilizadas como pedras britadas. Por outro lado, materiais processados artificialmente (argila expandida e vermiculita), subprodutos industriais (escória granulada de alto forno, sílica ativa, etc) ou resíduos de construção e demolição são conhecidos como **agregados artificiais**.

Outra forma de classificação dos agregados é de acordo com a forma de extração. Se os agregados forem coletados diretamente da natureza e utilizados, estes são definidos como **agregados naturais**. Por outro lado, os **agregados artificiais** são obtidos por meio de processos artificiais de extração e britagem.



Os agregados são classificados como naturais e artificiais de acordo com a sua forma de obtenção e extração. Assim, a brita pode ser considerada tanto como um material natural, pois ela é proveniente de rochas e não de processos de fabricação artificial; como também um agregado artificial, uma vez que passa por processos de britagem. Nesse caso, fique atento ao enunciado e com as alternativas para não se confundir.



Os agregados são provenientes de rochas ígneas (granito, basalto), metamórficas (arenito) e sedimentares (mármore).

Vamos praticar?



(Pref. Petrolina/PE - 2019) Assinale a alternativa que é um agregado natural utilizado no concreto.

- (A) Brita
- (B) Argila expandida
- (C) Escória granulada de alto forno
- (D) Seixo
- (E) Vermiculita

Comentário:

A **letra A está errada**. A brita embora seja encontrada na natureza, ela sofre processo de britagem e nesse caso é um agregado artificial.

A **letra B está errada**. A argila expandida é obtida por meio de processos industriais e por causa disso, ela é um agregado artificial.

A **letra C está errada**. A vermiculita é um tipo de material proveniente de processos industriais.

A **letra D está correta**. O seixo é um agregado natural tanto na forma de obtenção como na forma de extração.

A **letra E está errada**. As escórias são materiais provenientes de processos industriais e por causa disso são agregados artificiais.

3.2 - Massa unitária

De acordo com a massa unitária, os agregados são classificados em leves, normais e pesados. Os agregados leves apresentam massa unitária inferior a 1000 kg/m^3 , os agregados pesados apresentam



massa unitária superior a 2000 kg/m^3 , e os agregados normais apresentam massa unitária intermediária entre os dois⁵.

Os **agregados leves** apresentam uma grande quantidade de vazios e são utilizados para auxiliar no isolamento térmico e acústico. Como exemplo, nós temos a argila expandida, vermiculita, cinza volante, escória granular de alto-forno, pedra pome, folhelhos expandidos, etc. A maioria dos agregados naturais, como areia, seixos, britas são **agregados normais** e apresentam massa unitária entre 1000 kg/m^3 e 2000 kg/m^3 . Esses agregados utilizados para a confecção das argamassas e do concreto convencional. Por outro lado, os agregados pesados são empregados em casos especiais, como blindagem contra radiação.

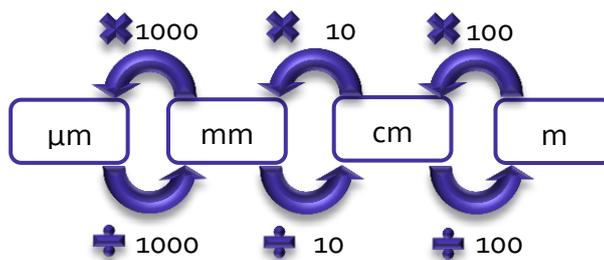
3.3 - Composição granulométrica

Os agregados também são classificados de acordo com o tamanho de seus grãos. Os **agregados miúdos** são aqueles que apresentam tamanho de grãos na faixa granulométrica de $150 \mu\text{m}$ ($0,15 \text{ mm}$) a $4,75 \text{ mm}$. Em contrapartida, os **agregados graúdos** apresentam tamanho de grãos entre $4,75 \text{ mm}$ a 75 mm . Os materiais pulverulentos são partículas com dimensões inferiores a $0,075 \text{ mm}$ ⁶.



TOME
NOTA!

Cuidado com as unidades dos tamanhos dos grãos. É comum a apresentação do tamanho das partículas em centímetros, milímetros ou micrometros. Por isso, preste bastante atenção nos termos e na conversão, para você não fazer confusão na hora da prova.



Exemplo:

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1.000 \text{ mm} = 1.000.000 \mu\text{m}$$

$$75 \mu\text{m} = 0,075 \text{ mm} = 0,0075 \text{ cm} = 0,000075 \text{ m}$$

⁵ RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc Silva; STARLIN, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**, 4ª edição. Belo Horizonte. Ed. UFMG: 2017.

⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.





As definições de agregados utilizadas aqui estão de acordo com a norma NBR 7211 (agregados para concreto).

No caso da norma NBR 7225 – materiais de pedras e agregados naturais – os agregados miúdos apresentam tamanho de 0,075 mm a 4,8 mm, ao passo que, os grãos variam de 4,8 até 100 mm.

A separação das partículas de um material, em várias faixas de tamanhos diferentes, é conhecida como **distribuição granulométrica**. A determinação do tamanho dos grãos é feita por meio do ensaio de peneiramento e nesse tipo de experimento, é acoplada uma série de peneiras com aberturas diferentes. Para a caracterização dos agregados, utilizam-se as peneiras da série normal da ABNT (Tabela 2). Note que cada peneira é a metade do tamanho da peneira imediatamente superior.

Tabela 2 – Peneiras da série normal

Abertura da peneira (mm)
76
38
19
9,5
4,8
2,4
1,2
0,6
0,3
0,15

A relação entre a massa de material retida em cada peneira (série normal) pela massa total é conhecida como **porcentagem retida**. **Observação:** não se esqueça de multiplicar o resultado por 100 para transformar em porcentagem. A soma dos percentuais retidos nas peneiras superiores, com o percentual retido na peneira em estudo é conhecida como a **porcentagem retida acumulada**. Com esses resultados é possível plotar um gráfico e determinar a dimensão máxima característica e o módulo de finura.

A **dimensão máxima característica** do agregado grão corresponde à porcentagem retida acumulada **igual ou imediatamente inferior a 5% em massa** do agregado. O **módulo de finura** corresponde à soma das porcentagens retidas acumuladas, nas peneiras de série normal, dividida por 100. Quanto maior for o módulo de finura, maiores serão os grãos do agregado miúdo. As areias são classificadas, quanto ao módulo de finura, em finas, médias e grossas. A areia fina é recomendada para reboco, a areia média em reboco e emboço e a areia grossa em concreto e chapisco.



Tabela 3 – Módulo de finura e classificação das areias⁷

Areia	Módulo de finura	Utilização
Fina	< 2,4	Reboco
Média	2,4 MF 3,3	Emboço e concreto
Grossa	> 3,3	Concreto e chapisco

O módulo de finura e a dimensão máxima do agregado estão relacionados com a área superficial. Quanto maior o tamanho das partículas, menor será a área superficial. Além disso, para manter a mesma consistência em argamassas e pastas, as areias com maior área superficial (mais finas) requerem maior consumo de água e aglomerante do que as areias mais grossas.

Os agregados graúdos, as britas, são classificados de acordo com o seu tamanho, conforme Tabela 4. De modo geral, os agregados graúdos são divididos em britas com diferentes tamanhos, no qual, a brita zero é a menor e a brita 5 é a maior.

Tabela 4 – Tamanho das britas⁸

Tipo	Peneiras normalizadas (mm)	Utilização
Brita 0	4,8-9,5	Concreto convencional
Brita 1	9,5-19	Concreto convencional
Brita 2	19-25	Concreto convencional
Brita 3	25-38	Concreto massa
Brita 4	38-64	Concreto massa
Pedra de mão	> 76 mm	Fundação

Com relação à distribuição granulométrica, há três tipos de condições: contínua, descontínua e uniforme. A distribuição granulométrica é dita **contínua** quando possui partículas de **todos os tamanhos** e a curva granulométrica é caracterizada por um formato de "S". A **descontínua** é caracterizada pela **ausência** de uma fração de tamanho intermediária. Por outro lado, a **uniforme** é quando as partículas apresentam praticamente o **mesmo tamanho**.

A curva contínua, por apresentar partículas de vários tamanhos, possui menor volume de vazios. Isso, pois, os vazios deixados pelas partículas maiores são preenchidos pelas partículas menores. A distribuição contínua é adequada para a execução dos concretos e argamassas, pois, permitem um empacotamento melhor e boa trabalhabilidade. A distribuição uniforme é requerida na execução de estruturas de contenções, lastros ferroviários, etc. Na Figura 3.1 estão apresentados os materiais com granulometria contínua, descontínua e uniforme.

⁷ RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc Silva; STARLIN, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**, 4ª edição. Belo Horizonte. Ed. UFMG: 2017.



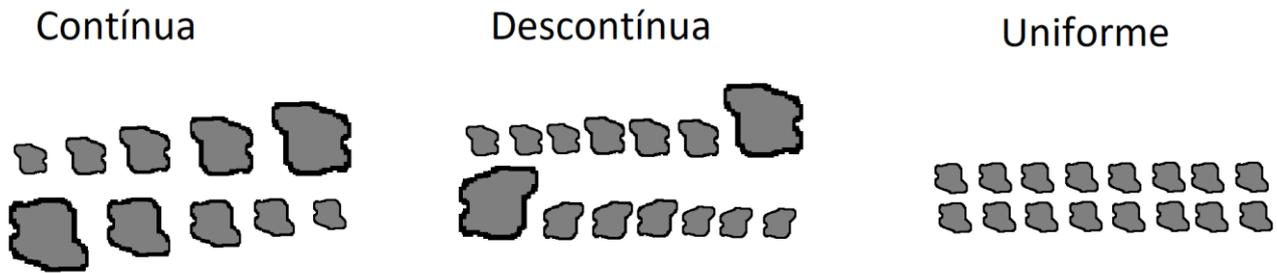


Figura 3.1 – Materiais com granulometria contínua, descontínua e uniforme.



(CODEBA - 2016) Com relação às definições e especificações dos agregados para concreto, analise as afirmativas a seguir.

- I. Os grãos do agregado graúdo passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm (em porcentagem retida acumulada máxima de 5%), e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 6,3 mm (em porcentagem retida acumulada mínima de 95%).
- II. A dimensão máxima característica corresponde à abertura nominal em milímetros da malha da peneira na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.
- III. O módulo de finura corresponde à soma das porcentagens retidas de um agregado, nas peneiras das séries normal e intermediária, dividida por 10.

Assinale:

- a) se somente a afirmativa I estiver correta.
- b) se somente a afirmativa II estiver correta.
- c) se somente as afirmativas I e III estiverem corretas.
- d) se somente as afirmativas II e III estiverem corretas.
- e) se todas as afirmativas estiverem corretas.

Comentário:

A **afirmativa I está errada**, pois o agregado graúdo é aquele que apresenta grãos variando de 4,8 mm a 75 mm.

A **afirmativa II está correta**, pois, a dimensão máxima característica do agregado corresponde à porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa na série de peneiras normal.

A **afirmativa III está errada**, pois, o módulo de finura corresponde à soma das porcentagens retidas apenas nas peneiras da série normal. Além disso, o valor é dividido por 100 e não por 10.



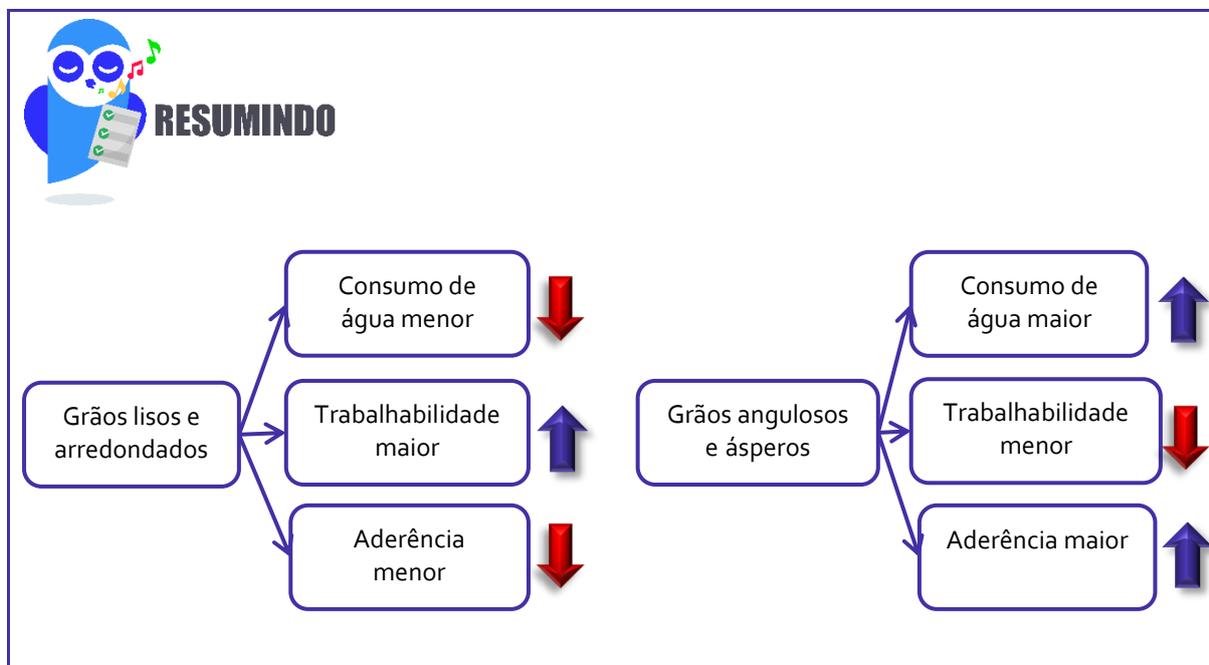
Assim, apenas a questão II é correta e a **letra B está correta.**

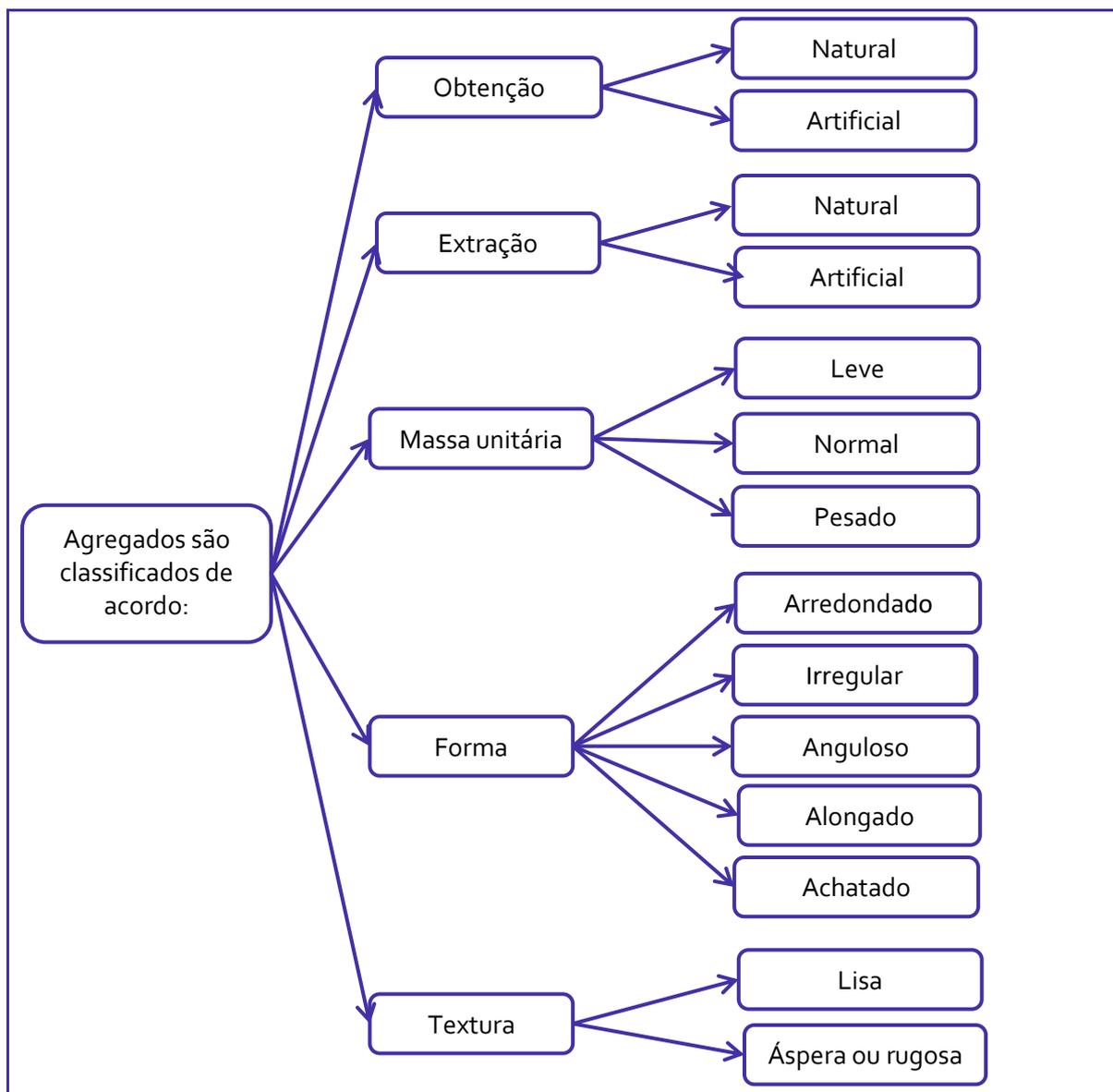
3.4 - Forma e textura

A forma e textura dos grãos afetam as propriedades das argamassas e do concreto. Geralmente, os agregados naturais apresentam formato arredondado, por causa do desgaste mecânico com o tempo. Em contrapartida, os agregados britados são angulosos e irregulares e geralmente apresentam grãos equiaxiais. Existem também as partículas alongadas e achatadas, que apresentam uma dimensão muito maior do que as outras. Assim, quanto à **forma**, os agregados podem ser classificados como arredondados, irregulares, angulosos, equiaxiais, alongados e achatados.

É preferível a utilização dos grãos com forma equidimensional, pois, as partículas alongadas e achatadas apresentam área superficial maior. Quanto maior a área superficial, maior será a quantidade de aglomerante e água necessária para recobrir todas as partículas. Além disso, as partículas alongadas e lamelares funcionam como locais para acúmulo de bolhas de ar e água, prejudicando a durabilidade e resistência mecânica dos concretos.

A **textura** está relacionada como as características da superfície do agregado, ou seja, se a superfície é **lisa** ou **rugosa**. Superfície lisa melhora a trabalhabilidade, por causa do menor atrito entre as partículas, no estado fresco. Contudo, a superfície rugosa, geralmente melhora a resistência mecânica (principalmente à flexão), uma vez que apresenta mais pontos de aderência.





3.5 - Propriedades dos agregados

É muito importante conhecer as propriedades e características dos agregados para a sua utilização correta nos concretos, argamassas, lastros ferroviários, etc.

3.5.1 - Índices físicos

Os índices físicos dos agregados são determinados por meio de ensaios normatizados e permitem a identificação de propriedades inerentes de um dado material. Os índices físicos mais importantes dos agregados são: umidade, absorção, massa específica e porosidade.

A **umidade** (w) é a quantidade de água presente no agregado. Matematicamente, a umidade é a relação entre a massa de água ($M_{\text{água}}$) sobre a massa seca (M_{seca}). Tenha em mente que a umidade é expressa em porcentagem, assim, a fórmula será:



$$w = \frac{M_{\text{água}}}{M_{\text{seco}}} \cdot 100$$

A umidade é uma propriedade muito importante para os agregados miúdos, pois, ela pode aumentar o volume aparente da areia (**inchamento**). O inchamento deve ser levado em consideração durante as etapas de dosagem e execução. Se a areia apresentar inchamento e este não for corrigido durante a execução, o volume de areia considerado será menor, ao passo que, a quantidade de água será maior. Conseqüentemente, isso afetará as propriedades das argamassas e do concreto. Além disso, quanto mais fino o agregado, maior será o inchamento. A **umidade crítica** é o teor de umidade acima do qual o inchamento permanece constante.

Levando em consideração a umidade, os agregados podem apresentar quatro condições diferentes: seca, seca ao ar, saturada de superfície úmida e saturada de superfície seca (SSS). Para facilitar o entendimento, vamos imaginar uma amostra de agregado que foi colocada em uma estufa, até a sua secagem completa. Nesse caso, o agregado estará completamente **seco** e sem nenhum teor de umidade. Assim que a amostra é retirada da estufa, ela começa a absorver umidade do meio, que pode ser proveniente da chuva ou até mesmo no próprio ar. A amostra ainda continua seca, porém, agora, ela apresenta pequena quantidade de umidade absorvida. Essa é a condição **seca ao ar**.

Agora, imagine se colocarmos essa amostra imersa em água. Todos os espaços vazios intercomunicantes serão preenchidos por água. Além disso, toda a superfície estará recoberta com uma fina camada de água e essa condição é conhecida como **saturada de superfície úmida**. Se a água livre na superfície for retirada, a condição será **saturada de superfície seca**.

A **absorção de água** (a) determina a quantidade de água absorvida pela amostra, ou seja, é definida como a quantidade total de água necessária para levar um agregado da condição seca em estufa à condição SSS. Para calcular a absorção de água é levado em consideração a massa na condição saturada de superfície seca (M_{SSS}) e a massa seca do agregado (M_S), conforme equação abaixo. Agregados que absorvem muita água afetam negativamente a trabalhabilidade.

$$a = \frac{M_{SSS} - M_{seca}}{M_{seca}} \cdot 100$$

A **massa específica** (γ_r) é a relação entre massa seca (M_S) pelo volume real (V_R) de um material. O volume real considera apenas o volume dos sólidos, desconsiderando todos os vazios intercomunicantes existentes. Por outro lado, a **massa unitária** (γ_a) – ou massa específica aparente – é a relação entre a massa seca (M_S) e o volume aparente (V_a), ou seja, o volume considerando os vazios. As equações para a massa específica e para a massa unitária estão apresentadas a seguir.

$$\gamma_r = \frac{M_{seca}}{V_r}$$

$$\gamma_a = \frac{M_{seca}}{V_a}$$

A massa específica aparente é importante, pois, é a partir dela que convertemos massa em volume nas dosagens de argamassas e concretos. Por outro lado, a massa específica real é utilizada para determinar o consumo de cimento por metro cúbico de concreto.





(IF-TO, 2019) Acerca da absorção e da umidade superficial dos agregados, é correto afirmar:

- a) O agregado seco ao ar apresenta teor de umidade superior à SSS.
- b) Quando todos os poros permeáveis estão saturados e há um filme de água em sua superfície, diz-se que o agregado está na condição saturado superfície seca (SSS).
- c) O inchamento das areias grossas é superior ao das areias finas para um mesmo teor de umidade, porque a tensão superficial da água mantém as partículas separadas.
- d) A capacidade de absorção de um agregado é definida como a quantidade total de água necessária para levar um agregado da condição seca em estufa à condição SSS.
- e) Como abordagem inicial, a capacidade de absorção de um agregado não pode ser usada como medida aproximada de sua porosidade e resistência.

Comentário:

A **letra A está errada**, pois, o agregado seco ao ar não apresenta todos os seus vazios intercomunicantes preenchidos com água.

A **letra B está errada**, pois, quando todos os poros estão preenchidos com água e há um filme de água em sua superfície, diz-se que o agregado está na condição saturado superfície úmida.

A **letra C está errada**, pois, quanto mais finas as partículas maior será o inchamento.

A **letra D está correta**, pois, a absorção de água determina a quantidade de água absorvida pela amostra, ou seja, é definida como a quantidade total de água necessária para levar um agregado da condição seca em estufa à condição SSS.

A **letra E está errada**, pois, quanto maior a absorção de água, maior será a permeabilidade do agregado. A permeabilidade está associada com a porosidade.

3.5.2 - Propriedades mecânicas

Com exceção dos agregados leves, a resistência mecânica dos agregados graúdos minerais naturais (britas e seixos) não influenciará na **resistência mecânica** dos concretos convencionais. Isso, pois, os agregados naturais são mais resistentes do que o concreto convencional. Os agregados também são avaliados quanto ao **desgaste**. Essa é uma propriedade muito importante para aplicações em pavimentações de rodovias e aeroportos. O desgaste superficial é determinado por meio do ensaio conhecido como abrasão de Los Angeles.



3.5.3 - Substâncias nocivas

As **substâncias nocivas** são aquelas que estão presentes em **pequenas quantidades**, mas que **afetam adversamente as propriedades** como trabalhabilidade, tempo de pega, endurecimento, resistência mecânica e durabilidade. Por causa disso, a norma NBR 7211 fixa os limites máximos de materiais pulverulentos, torrões de argila e matéria orgânica (Tabela 5).

Tabela 5 – Quantidade máxima de impurezas relativa à massa do agregado miúdo⁸

Determinação		Quantidade máxima relativa à massa do agregado miúdo (%)
Torrões de argila e materiais friáveis		3,0
Materiais carbonosos ¹⁾	Concreto aparente	0,5
	Concreto não aparente	1,0
Material pulverulento	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0
	Concretos protegidos do desgaste superficial	5,0
Impurezas orgânicas ²⁾	ABNT NBR NM 49	A solução obtida no ensaio deve ser mais clara do que a solução-padrão
	ABNT NBR 7221	10 %

¹⁾ Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos (ASTM C 123).

²⁾ Quando a coloração da solução obtida no ensaio for mais escura do que a solução-padrão, a utilização do agregado miúdo deve ser estabelecida pelo ensaio previsto na ABNT NBR 7221.

Tabela 6 – Quantidade máxima de impurezas relativa à massa do agregado miúdo⁹

Determinação		Quantidade máxima relativa à massa do agregado graúdo (%)
Torrões de argila e materiais friáveis	Concreto aparente	1,0
	Concreto sujeito a desgaste superficial	2,0
	Outros concretos	3,0
Materiais carbonosos ¹⁾	Concreto aparente	0,5
	Concreto não aparente	1,0
Material pulverulento		1,0

¹⁾ Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos (ASTM C 123).

²⁾ Para agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite de material fino pode ser alterado de 1% para 2%.

³⁾ Para agregado total, definido conforme 3.6, o limite de material fino pode ser composto até 6,5%, desde que seja possível comprovar, por apreciação petrográfica, realizada de acordo com a ABNT NBR 7389, que os grãos constituintes não interferem nas propriedades do concreto. São exemplos de materiais inadequados os materiais micáceos, ferruginosos e argilo-minerais expansivos.

⁸ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.





(COMPERVE/UFRN – 2017) Os agregados, quando utilizados na construção civil para produzir concretos e argamassa, devem ter características adequadas a cada uso, as quais, geralmente, estão relacionadas com porosidade, distribuição granulométrica, absorção de água, forma e textura superficial, resistência à compressão, módulo de elasticidade e tipo de substâncias deletérias, neles, presentes. Sobre as características dos agregados, é correto afirmar:

- a) O módulo de finura dos agregados miúdos tem relação com sua área superficial, sendo maior a área superficial quanto menor for o módulo.
- b) A massa específica real dos agregados é utilizada para o dimensionamento de padiolas usadas para medição dos agregados em obra.
- c) O diâmetro máximo do agregado é determinado através do ensaio de granulometria, sendo determinado pela abertura de malha, na qual fica uma porcentagem passante acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%.
- d) A presença de argilas e materiais pulverulentos nos agregados provoca melhoria na durabilidade dos concretos.

Comentário:

A **letra A está correta**, pois, quanto maior o módulo de finura, mais grossa será a areia. A área superficial é inversamente proporcional ao tamanho das partículas. Assim, quanto maior a área superficial, menor será o módulo de finura.

A **letra B está errada**, pois, a massa específica unitária é utilizada para a conversão de massa em volume, ou seja, para o dimensionamento de padiolas usadas para medição dos agregados em obra.

A **letra C está errada**, pois, o diâmetro máximo característico do agregado é a porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%.

A **letra D está errada**, pois, a presença de argilas e materiais pulverulentos nos agregados prejudica a durabilidade do concreto.



4 - METAIS

Antes de estudarmos os metais, vamos estudar, de maneira simplificada, algumas definições e conceitos sobre propriedades mecânicas dos materiais. Esses conceitos são de extrema importância para o entendimento do comportamento dos materiais como os aços, argamassa, concreto, madeira e produtos à base de cerâmica. Além disso, os conceitos também serão importantes para as aulas de estruturas.

4.1 - Propriedades mecânicas dos materiais

As propriedades mecânicas dos materiais são determinadas por meio de experimentos com condições controladas em laboratório. Os parâmetros são planejados para reproduzir as situações mais próximas da realidade. Um desses fatores é a natureza da carga que é aplicada, que pode ser de tração, compressão ou cisalhamento.

Para determinar as propriedades mecânicas dos materiais quando a carga aplicada é estática ou varia lentamente com o tempo é realizado o ensaio de tensão-deformação. Nesse ensaio, o material que será ensaiado, conhecido como corpo de provas, é colocado em um equipamento que aplicará a carga.

A carga é aplicada gradativamente e uniaxialmente e assim, a amostra é deformada até a fratura. Se a carga aplicada for de tração, o material será esticado, se a carga for de compressão, o material será comprimido. Ao final do ensaio, serão registrados os dados de carga ou força em função do alongamento do material.

Para contornar as questões de tamanho da amostra, a carga e o alongamento serão expressos como tensão e deformação. A **tensão** é a relação entre a **carga pela área** da seção transversal e é expressa em megapascal (MPa), conforme equação abaixo.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Onde:

σ – tensão (MPa);

F – força aplicada (N);

A – área da seção transversal (m²);

A **deformação** é definida como a **relação** entre o **alongamento** pelo **comprimento inicial**, conforme a equação a seguir. Lembre-se que a deformação não possui unidades, mas frequentemente é expressa por m/m. A deformação também pode ser expressa na forma de porcentagem e para isso, é só multiplicar por 100.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_f - l_0}{l_0}$$



Onde:

ε – deformação;

Δl – alongamento (m);

l_f – comprimento final (m);

l_o – comprimento inicial (m).



Cuidado com as unidades nas provas. Várias questões são pegadinhas e utilizam as unidades para te confundir.

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

A letra M do MPa significa 10^6 , então:

$$1 \text{ MPa} = 1 \times 10^6 \text{ Pa ou } 1.000.000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kgf/mm}^2 = 9,81 \text{ MPa}$$

Com valores mais baixos de carga, a tensão é proporcional à deformação. Essa relação é conhecida como **lei de Hooke** e matematicamente é expressa como:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Onde:

E – módulo de elasticidade (GPa);

σ – tensão (MPa);

ε – deformação.

Essa região em que a tensão é proporcional à deformação é conhecida como região ou **regime elástico**. A **deformação elástica não é permanente**, ou seja, quando a carga é retirada, o material volta ao seu tamanho original. A inclinação da reta corresponde ao **módulo de elasticidade** e este está relacionado com **rigidez** do material, ou seja, é a resistência à deformação elástica. Na Figura 4.1, nós podemos observar um gráfico tensão-deformação da região elástica.



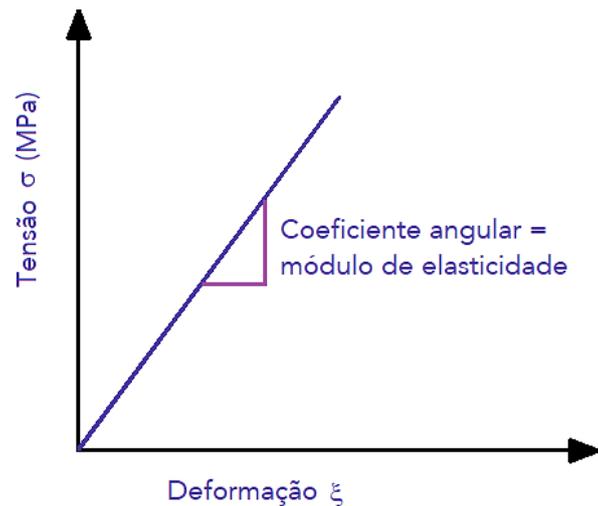


Figura 4.1 - Diagrama esquemático tensão-deformação mostrando a deformação elástica linear

Após a região linear, ou região elástica, teremos a **região plástica**. Nessa região, o material apresentará **deformação permanente**. Assim, após a retirada da carga, haverá deformação residual e o material não voltará ao seu formato original. Porém, toda a deformação do regime elástico é recuperada.

Por causa das deformações permanentes, os materiais estruturais são projetados para funcionar na região elástica. Por isso, é necessário conhecer o ponto de transição entre a região elástica e plástica, conhecido como **tensão de escoamento**. Note que a tensão de escoamento é quando o material começa a apresentar **deformação permanente**, mas não é a tensão máxima que o material suporta (**limite de resistência**).

A transição da região elástica para a plástica pode acontecer de duas maneiras diferentes, com e sem patamar de escoamento (Figura 4.2). Para os **materiais** que apresentam **patamar de escoamento**, quando a tensão aplicada é igual à **tensão de escoamento**, o corpo de prova apresentará aumento da deformação plástica. Porém, você pode observar que tensão não aumenta e nem diminui. Isso é representado por uma reta horizontal no gráfico.

Por outro lado, alguns **materiais** apresentam **transição gradual da deformação** elástica para a deformação plástica. Para determinar a tensão de escoamento, nesse caso, iremos construir uma reta paralela à região elástica, partindo do ponto de **pré-deformação de 0,002**. Esse valor de 0,002 foi estabelecido por convenção.

No gráfico, o ponto mais alto da curva corresponde à **tensão máxima** (limite de resistência) que o material suporta. A partir desse ponto, você pode observar que a deformação continua a aumentar, porém, a tensão diminui. Isso acontece, pois, a partir da tensão máxima uma pequena constricção ou pescoço (estricção) se forma em algum lugar no corpo de prova. Por fim, a deformação vai aumentando até a ruptura do material (**tensão de ruptura**).



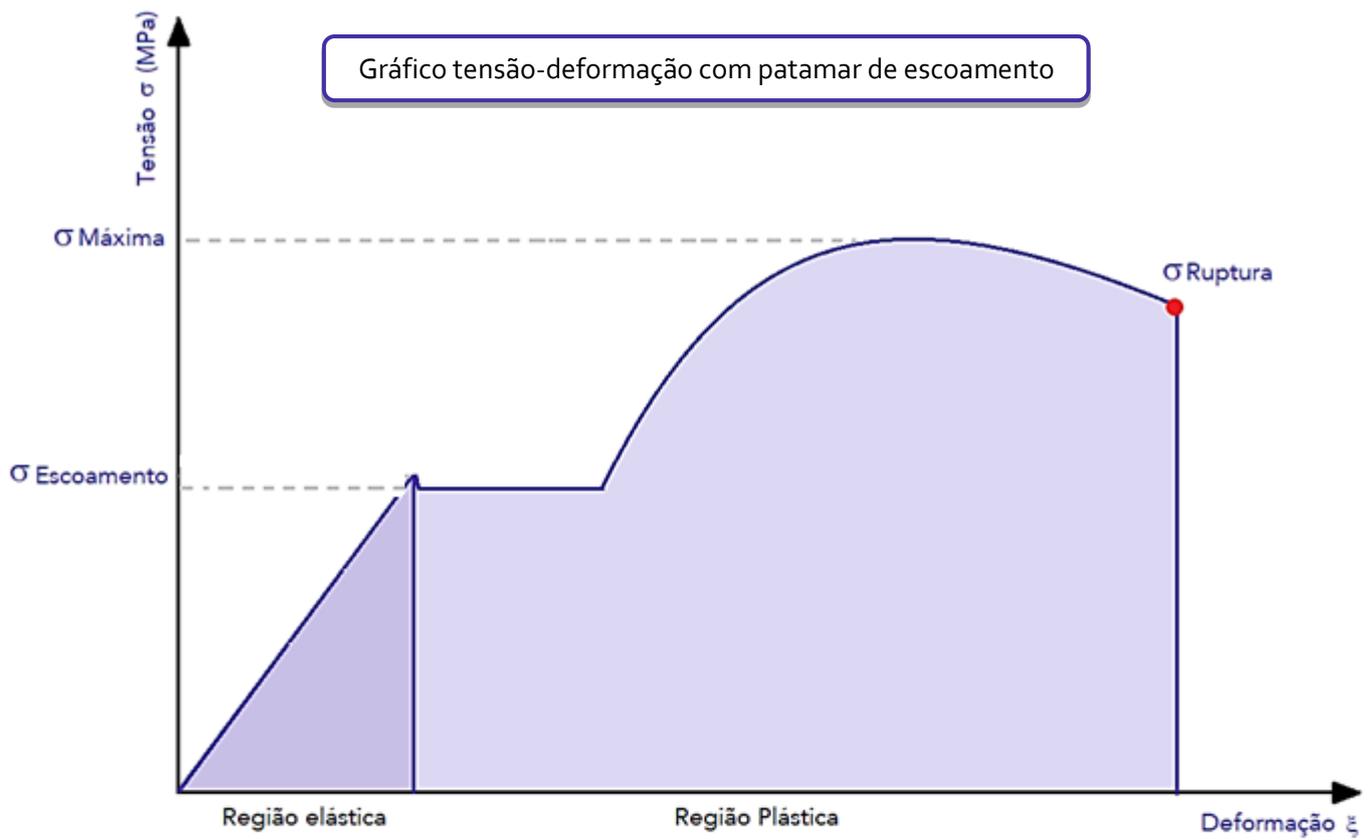


Gráfico tensão-deformação sem patamar de escoamento

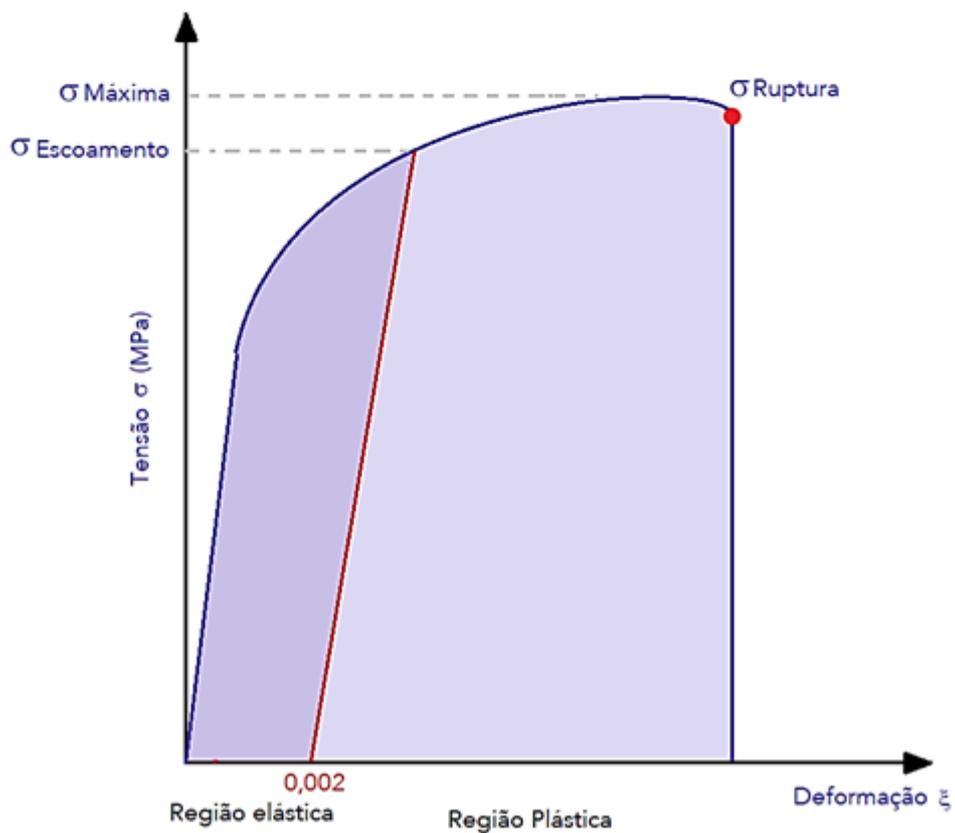
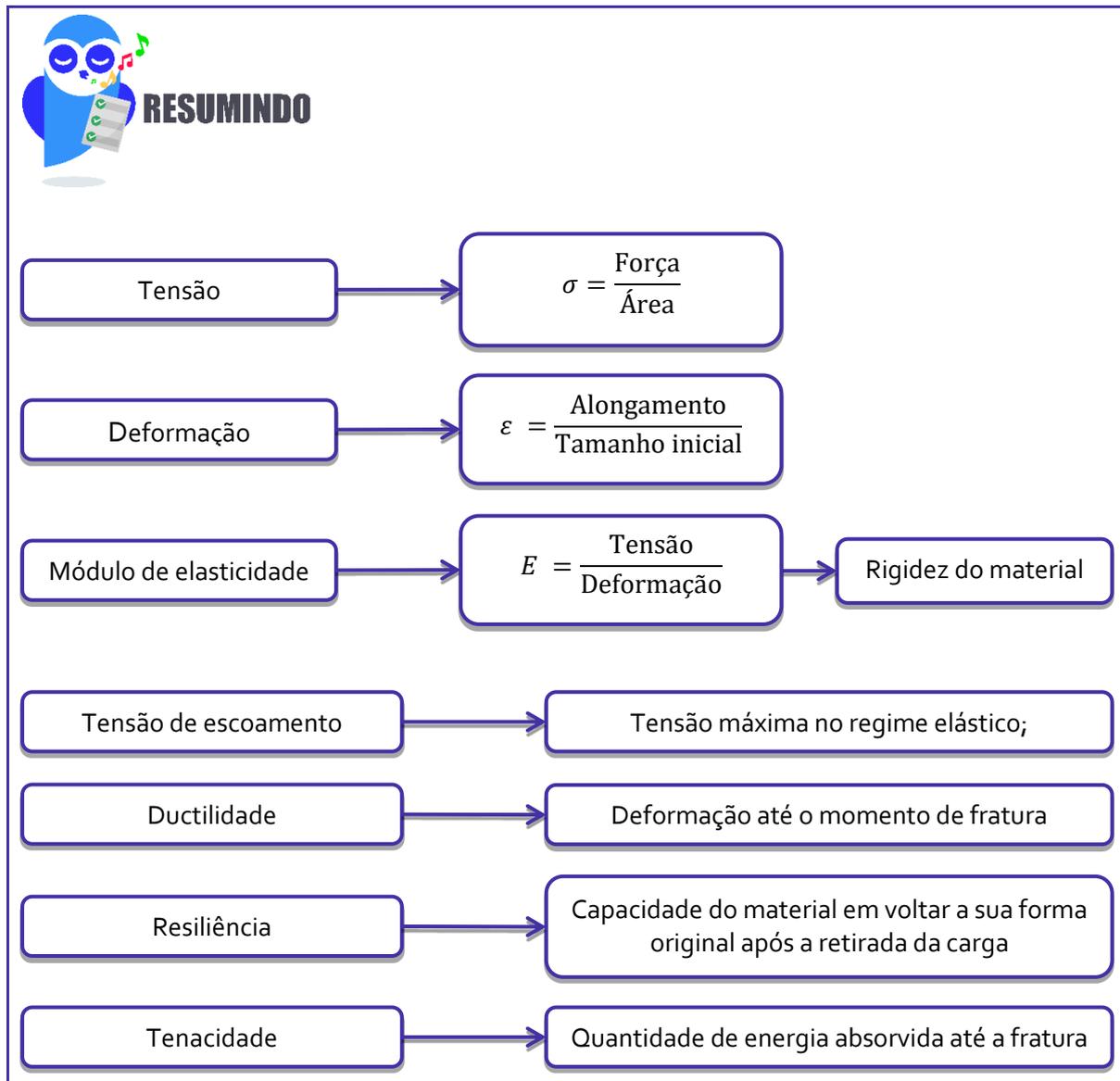


Figura 4.2 - Gráfico tensão-deformação com e sem patamar de escoamento



A **ductilidade** é a capacidade de **deformação plástica** de um material até a sua **fratura**. Os metais são dúcteis, por isso conseguimos deformá-los permanentemente sem que estes se rompam. Agora, tente dobrar uma placa de vidro. O vidro se romperá praticamente sem nenhuma deformação. Materiais com esse comportamento são chamados de **frágeis** e como exemplo, tem-se o concreto, vidro, produtos à base de argila, as cerâmicas, etc. **Resiliência** é a capacidade do material em absorver energia na região elástica e **tenacidade** é a capacidade do material em absorver energia até a fratura.



HORA DE
PRATICAR!

(Pref. Petrolina/PE, 2019) A capacidade dos materiais de se deformarem, sem se romperem, é denominada de:

a) plasticidade;



- b) elasticidade;
- c) tensões residuais;
- d) ductilidade;
- e) trabalhabilidade.

Comentário:

A **letra A está errada**, pois, a plasticidade de um material está relacionada com a deformação permanente.

A **letra B está errada**, pois, elasticidade é a capacidade do material em se deformar no regime elástico, ou seja, sem deformação permanente.

A **letra C está errada**, pois, tensões residuais são tensões existentes no material sem a aplicação de carregamento externo.

A **letra D está correta**, pois, a ductilidade é a capacidade do material se deformar plasticamente sem se romper.

A **letra E está errada**, pois, trabalhabilidade está relacionada com a ductilidade.

4.2 - Definições de metais

Os metais são utilizados em várias aplicações distintas. Esses materiais são empregados em cimbramentos, peças de elementos estruturais, esquadrias, acabamentos, condutores de eletricidade, tubulação de água, torneiras, etc.

Os **metais** são definidos como materiais inorgânicos e formado por elementos metálicos. É comum a utilização de **ligas** ao invés do metal puro, mas vez que, geralmente, as ligas apresentam melhores propriedades. As ligas são formadas pela combinação de um elemento metálico com pelo menos outro elemento. Talvez, a liga mais famosa seja o aço, formado por ferro e com adição de pequenas quantidades de carbono.

Os metais e suas ligas podem ser classificados em dois grandes grupos: ferrosos e não ferrosos. Os materiais **ferrosos** são formados essencialmente por ferro, ao passo que, os **não ferrosos** são formados por outros elementos metálicos, mas podem apresentar o ferro como elemento de liga (pequenas quantidade).

Os metais mais utilizados são os ferrosos, pois, estes são baratos, apresentam boa resistência mecânica e fácil processamento. Contudo, eles possuem algumas limitações, pois, são pesados, possuem baixa condutividade elétrica em comparação com outros metais e são susceptíveis à corrosão. Vamos estudar o material ferroso mais importante, o aço?

4.3 - Aços

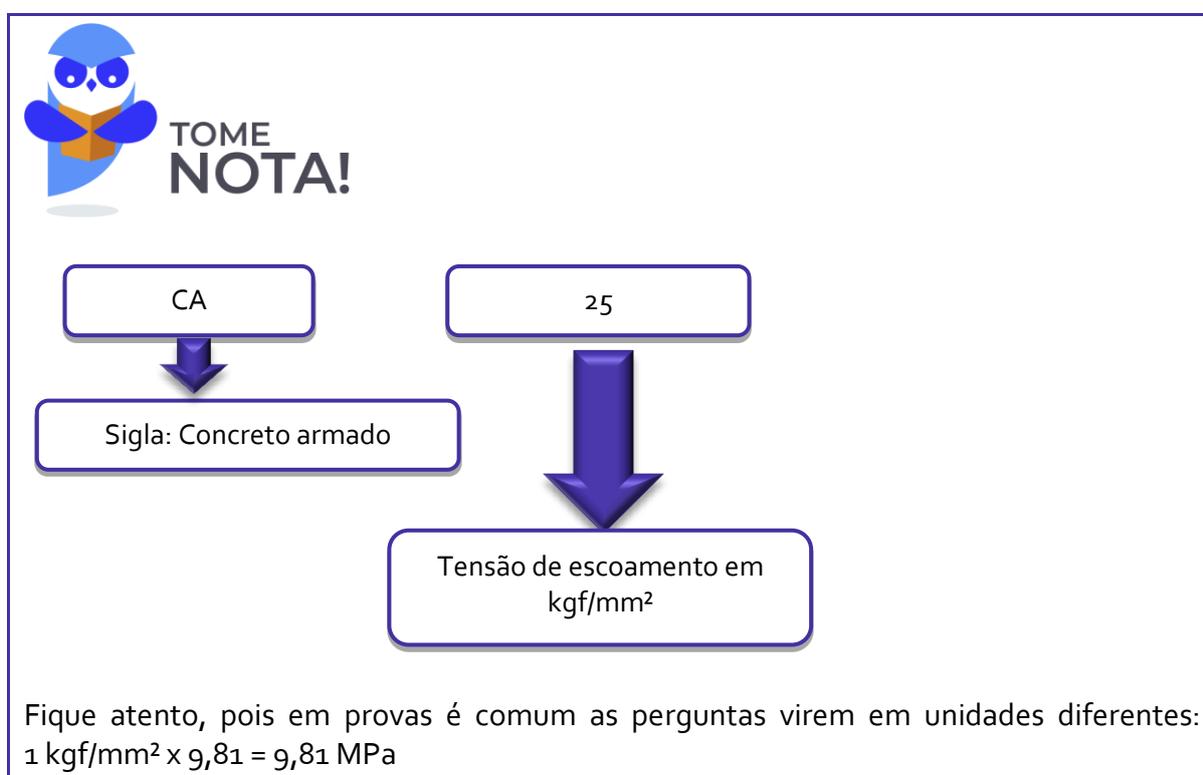
O **aço** é uma liga de ferro-carbono com quantidade de carbono inferior a 2,1% em massa. Os aços utilizados no concreto armado e estruturais apresentam **baixo teor de carbono**, geralmente entre 0,18% a



0,25% e são conhecidos como **aços doces**. Assim, esses materiais apresentam resistência adequada para ser utilizados como reforço no concreto, além de apresentarem certa ductilidade, o que permite o dobramento no canteiro de obras.

O concreto é um material muito resistente à compressão, porém, sua resistência à tração é muito baixa, na ordem de 10 vezes menor do que a resistência à compressão. Para contornar essa situação, armaduras de aços são adicionadas, formando o concreto armado.

A NBR 7480⁹ (aços destinados a armaduras para estruturas de concreto armado) fixa as exigências de fabricação, fornecimento e armazenamento dos aços destinados a armaduras em concreto armado. Os aços utilizados podem ser classificados de acordo com o seu limite de escoamento em aços CA-25, CA-50 e CA-60. O CA significa concreto armado, enquanto o número corresponde à tensão de escoamento do aço em kgf/mm².

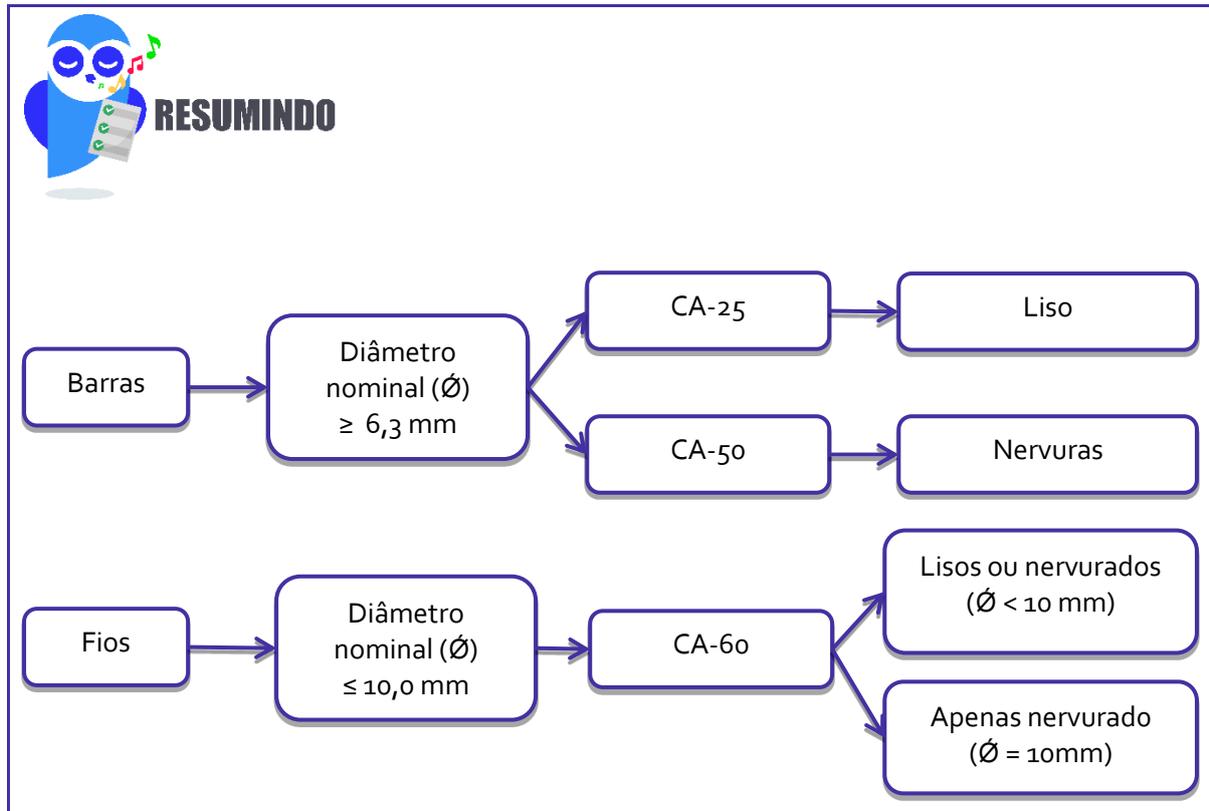


De acordo com a NBR 7480, as **barras** são produtos com diâmetro nominal igual ou superior a 6,3 mm para o CA-25 e o CA-50. Os **fios** correspondem ao aço CA-60 com diâmetro nominal inferior a 10 mm. Além disso, as barras ou os fios podem ser lisos ou apresentar saliências para melhorar a aderência. Porém, todos os aços CA-50 são obrigatoriamente dotados de nervuras transversais e oblíquas. Ao passo que, o CA-60 pode ser liso ou apresentar nervuras, no entanto, o fio com 10 mm de diâmetro deve apresentar nervuras. E por fim, o CA-25 é sempre liso.

Além disso, as barras e os fios são fornecidos de fábrica com medida de 12 m e com tolerância de $\pm 1\%$. A máxima variação de massa permitida é de 7% para as barras com bitola de 6,3 mm. A massa

⁹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT **NBR 7480**: aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

específica dos aços é adotada como 7850 kg/m^3 e o módulo de elasticidade pode ser admitido como sendo 210 GPa .



Os aços são produzidos a partir de ferro e carbono e por causa disso, pode-se dizer que a sua matéria-prima é basicamente composta por minério de ferro e coque. Os aços podem ser conformados a quente ou a frio. O aço **CA-50** é o mais utilizado nas obras de construção e assim como o **CA-25** é produzido por meio da **laminação a quente**. Metais deformados com aplicação de temperatura, como a laminação a quente, apresentam maior ductilidade. Assim, esses aços são mais trabalháveis e aceitam solda comum.

Por outro lado, o aço CA-60 é conformado por meio da **deformação a frio** conhecida como trefilação. O nome a frio significa que o aço foi processado abaixo da temperatura de recristalização. Por causa disso, o aço CA-60 é mais resistente do que os outros dois, no entanto é menos dúctil. A resistência mais alta do CA 60 acontece por causa de um fenômeno conhecido como encruamento. O **encruamento** é o aumento da resistência mecânica obtido por meio da deformação plástica. A explicação do fenômeno de encruamento está além do escopo da nossa aula.



(Pref. Bananal/SP, 2016) Aço é uma liga metálica composta principalmente de ferro e pequenas quantidades de carbono: Observe as afirmativas abaixo:



- I. É altamente conveniente a associação do aço ao concreto, obtendo-se assim o concreto armado, porque o concreto não apresenta uma grande resistência à tração e é muito frágil a este esforço.
- II. Para a obtenção do aço são necessárias basicamente duas matérias-primas: minério de ferro e coque.
- III. O aço obtido no tratamento a quente apresenta uma melhor trabalhabilidade, aceitando inclusive solda comum.
- IV. A flexibilidade é a sua capacidade em se deformar plasticamente sem se romper.
- V. As nervuras e os entalhes têm como função aumentar a aderência da barra ao concreto, proporcionando a atuação conjunta do aço e do concreto.

De acordo com as afirmativas acima, assinale a resposta correta:

- a) Apenas I está correto;
- b) Apenas I, II e III estão corretos;
- c) Apenas I, II, III e IV estão corretos;
- d) Apenas III, IV e V estão corretos;
- e) Apenas I, II, III, IV e V estão corretos.

Comentário:

A **afirmativa I está correta**, pois, o concreto é resistente à compressão, mas apresenta baixa resistência à tração. Por causa disso, barras ou fios de aços são adicionados ao concreto (concreto + aço = concreto armado) para formar um material capaz de suportar tensões de tração e compressão.

A **afirmativa II está correta**, pois, o aço é produzido basicamente por minério de ferro e carvão de coque.

A **afirmativa III está correta**, pois, o aço obtido no tratamento a quente é mais dúctil. Assim, esse tipo de aço pode ser dobrado ou trabalhado mais facilmente. Além disso, apresenta capacidade de ser soldável.

A **afirmativa IV está correta**, pois, a flexibilidade do aço está associada à ductilidade do aço. Além disso, a ductilidade é a capacidade de deformação plástica do aço sem se romper.

A **afirmativa V está correta**, pois, as nervuras no aço proporcionam melhor aderência entre o concreto e o aço. Assim, os dois materiais trabalham conjuntamente,

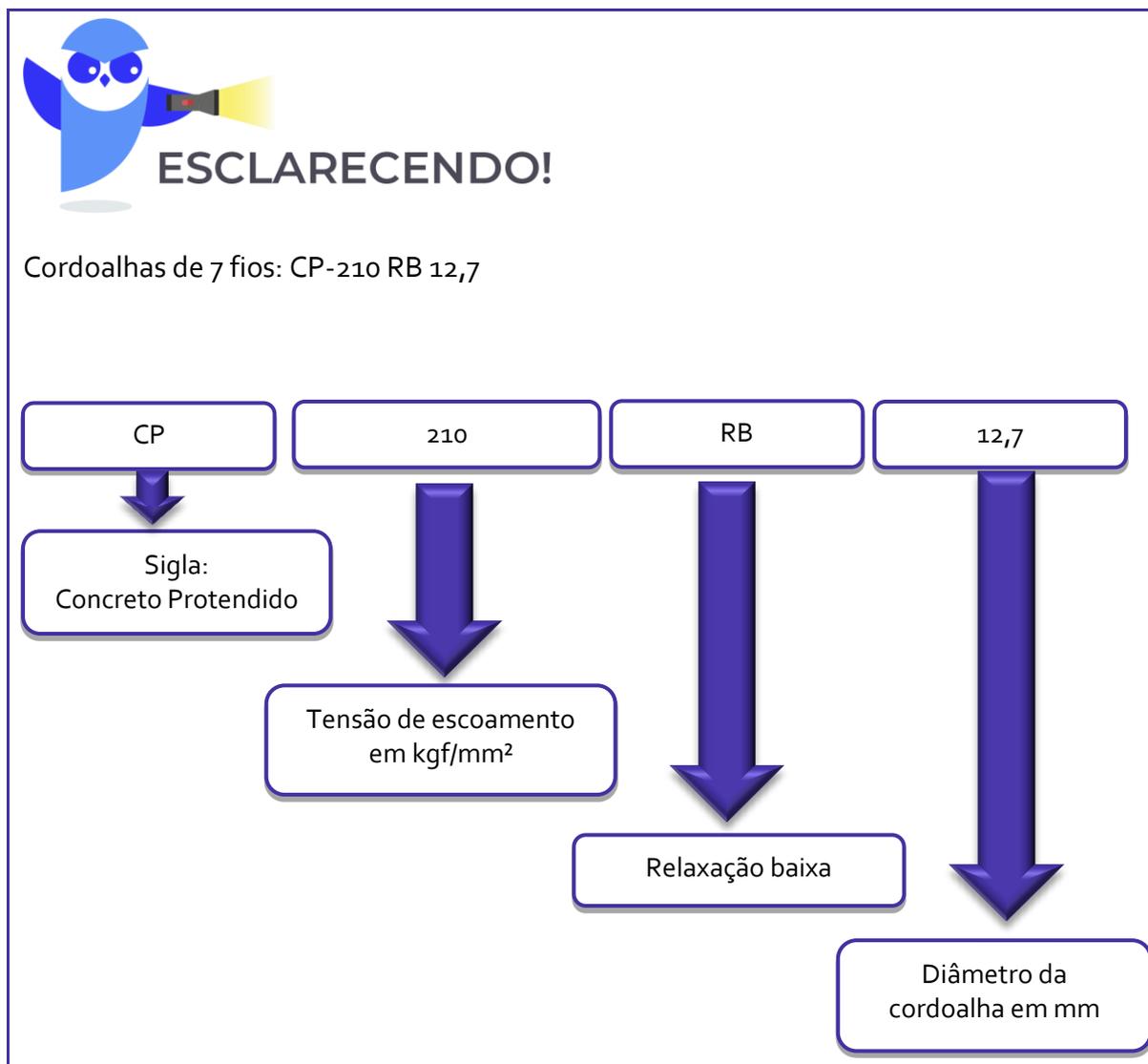
Assim, as afirmativas I, II, III, IV e V estão corretas e nesse caso, a **letra E é a correta**.

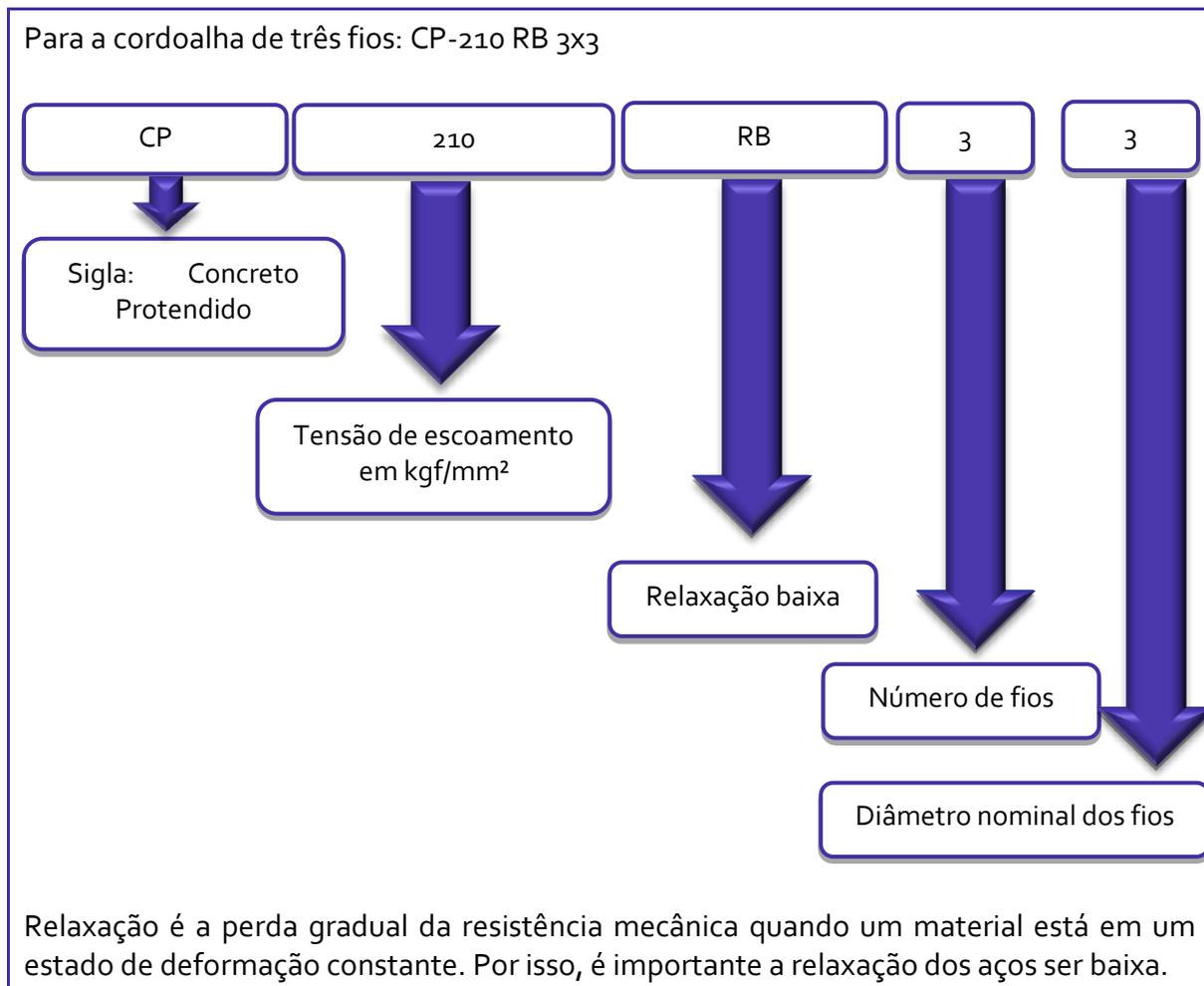
Os aços utilizados no concreto protendido são mais resistentes do que os aços utilizados no concreto armado e podem apresentar tensão de escoamento de 190 kgf/mm² e 210 kgf/mm². Os aços para concreto protendido apresentam teor de carbono mais elevado e são processados a frio. Por causa disso, os aços para concreto protendido são mais resistentes. Esses aços são utilizados na forma de **cordoalhas**, ou seja, por um conjunto de **fios enrolados** entre si.

As cordoalhas podem ser **classificadas** de acordo com o **número de fios** em cordoalhas de 7 ou 3 fios. Elas também podem ser classificadas conforme a **resistência à tração** em CP-190 e CP-210. Esses valores numéricos correspondem à tensão de escoamento em quilograma força por milímetro quadrado (kgf/mm²).



A **nomenclatura** das cordoalhas é um pouquinho diferente da utilizada nos aços para concreto armado. Para as cordoalhas de 7 fios, a classificação será a sigla CP (concreto protendido), seguido pela tensão de escoamento, sigla RB (relaxação baixa) e diâmetro nominal da cordoalha (CP-190 RB 12,7). Por outro lado, as cordoalhas de 3 fios são definidas pela sigla CP (concreto protendido) seguido pelo tensão de escoamento, RB e algarismo 3 acompanhado do diâmetro nominal dos fios (CP 210 RB 3x3).





4.4 - Ligas não ferrosas

As ligas não ferrosas são formadas por outros metais, ao invés do ferro. São exemplos de ligas não ferrosas as ligas com cobre, alumínio, zinco, etc.

O **cobre** é um material com elevada condutividade térmica e elétrica. Por causa disso, ele é utilizado como **condutor elétrico**. Além disso, ele possui boa **resistência à corrosão** e é muito **dúctil**. As ligas de cobre são utilizadas em condutores de água quente e água fria, em sistemas de combate a incêndio, aquecimento solar e em metais sanitários.

O **alumínio** é um metal relativamente **leve** (2,7 g/cm³) e com boa **condutividade térmica** e elétrica, além de apresentar **boa resistência à corrosão** e **alta ductilidade**. Para se ter uma ideia, o alumínio é aproximadamente 3 vezes mais leve do que o aço, e com módulo de elasticidade também 3 vezes menor. Esse tipo de material é utilizado na fabricação de esquadrias, acessórios, elementos decorativos, acabamentos, telhas, cumeeiras, rufos, calhas e condutores em linhas de transmissão de energia elétrica.

O **zinco** apresenta boa **resistência à corrosão** e por causa disso é utilizado em telhas. Além disso, ele é utilizado no processo de galvanização do aço. O aço galvanizado é formado por uma fina camada de zinco que apresenta função de proteção à corrosão.



5 - ARGAMASSAS

As **argamassas** podem ser definidas como materiais de construção que apresentam capacidade de **aderência** e **endurecimento**. Como vimos anteriormente, as argamassas são formadas pela mistura de um ou mais aglomerante com areia. Além disso, podemos adicionar algumas adições ou aditivos para melhorar as suas propriedades, tanto no estado fresco, como no estado endurecido.

As argamassas são materiais de construção interessantes, pois, são plásticas e adesivas e adquirem resistência mecânica com o tempo. Assim, elas são utilizadas para:

- proteção dos elementos de vedação da edificação contra agentes agressivos e intemperismo;
- assentamento de alvenaria;
- revestimento e acabamento;
- regularização;
- assentamento de placas cerâmicas;
- rejuntamento;
- reparo e reforço de estruturas de concreto.

Os agregados miúdos mais utilizados nas argamassas são areia, quartzo e pó de pedra. A utilização dos **agregados** apresenta vantagens econômicas, pois, eles são **mais baratos** do que os aglomerantes. Além disso, a utilização desses materiais confere estabilidade dimensional para as pastas, funcionando como um esqueleto rígido que **controla a retração**.

5.1 - Propriedades das argamassas

As principais propriedades requeridas para as argamassas são: trabalhabilidade (consistência, plasticidade, retenção de água e adesão inicial), aderência, durabilidade, estanqueidade, resistência mecânica e capacidade de absorção de deformação.

5.1.1 - Propriedades no estado fresco

A **trabalhabilidade** é uma propriedade no estado fresco e exerce influência nas características finais do produto acabado e na produtividade. A trabalhabilidade pode ser definida como a **facilidade** de mistura, transporte, aplicação e acabamento, sem que ocorra segregação ou perda de **coesão** da argamassa. Ela é uma propriedade muito complexa, pois, depende de fatores, como: consistência, plasticidade, retenção de água, coesão, exsudação, densidade e adesão inicial¹⁰. Observe que, essas propriedades são afetadas por vários fatores como: materiais utilizados, condições de preparo e aplicação, condições climáticas e características do substrato.

A **consistência** está relacionada com a facilidade de deformação da argamassa quando é aplicada uma carga. Nesse caso, ela está associada com a fluidez e pode ser dividida em seca, plástica e fluida. A

¹⁰ CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil: e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. 2 v. cap. 28



argamassa de consistência **seca** é áspera, pois não apresenta pasta de aglomerante suficiente para cobrir a superfície dos agregados. As argamassas **fluidas** apresentam água em excesso e, por causa disso, é comum a ocorrência de segregação e exsudação. Por outro lado, as argamassas **plásticas** apresentam comportamento intermediário entre as outras duas. A escolha da consistência adequada depende da forma de aplicação da argamassa.

Vamos imaginar o levantamento de uma parede com tijolos cerâmicos. Se a argamassa for muito fluida, os blocos cerâmicos afundarão e assim a junta terá altura insuficiente, deixando a parede desalinhada. Por outro lado, se a consistência for muito seca, é difícil espalhar a argamassa e colocar os blocos na posição correta.

A **plasticidade** é uma propriedade que está relacionada com a capacidade da argamassa em ser deformada e manter essa deformação após a retirada da carga. Ela é influenciada pelo tipo e quantidade de aglomerante, agregado, método de mistura e aditivos. A plasticidade adequada estará relacionada com o método de execução utilizado.

A **retenção de água** é outra propriedade no estado **fresco** e irá influenciar a aderência e a produtividade. Pode ser definida com a capacidade de argamassa em manter a sua trabalhabilidade em condições que induzem a perda de água (baixa umidade relativa do ar, temperaturas elevadas, vento superfície absorvente, etc.).

A retenção de água pode ser entendida da seguinte maneira. Vamos imaginar o assentamento de blocos cerâmicos. Assim que argamassa entrar em contato com a superfície do bloco, a água começa a ser absorvida pela cerâmica. Além disso, a argamassa também perde água para o meio. Nesse caso, pode haver falta de água necessária para a hidratação do cimento Portland e conseqüentemente, a durabilidade e as propriedades mecânicas são afetadas.

A retenção de água é muito **afetada pela composição** das argamassas. A cal apresenta maior capacidade de retenção de água do que o cimento Portland. Além disso, aditivos incorporadores de ar ou retentores de água melhoram a retenção de água.

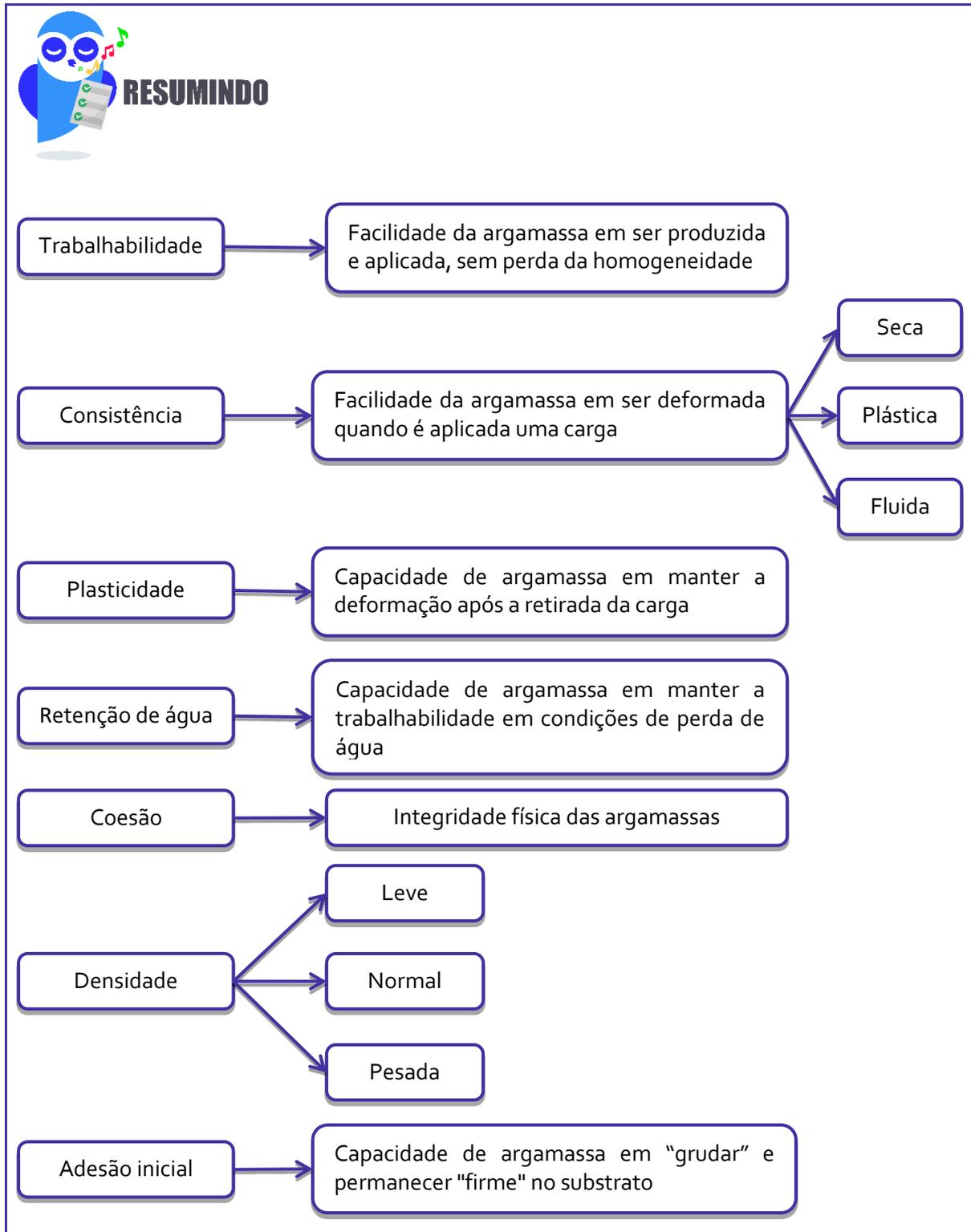
A **coesão** é capacidade das argamassas em manter a integridade física durante as etapas de mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura. Quando a mistura perde a coesão, acontece a segregação que é a separação dos materiais, formando um produto final heterogêneo. Nesse caso, os agregados mais pesados tentam a descer enquanto os mais leves ascendem. Argamassas de cal apresentam melhor coesão do que as argamassas de cimento. A **exsudação** é uma forma de segregação e acontece quando uma fina camada de água aflora na superfície da argamassa.

A **densidade** influencia muito na produtividade, pois, argamassas mais pesadas são mais difíceis de serem trabalhadas e cansam mais o pessoal na obra. Esta é uma propriedade dependente dos materiais utilizados, principalmente os agregados. As argamassas podem ser classificadas em leves, normais e pesadas. As argamassas **leves** ($\gamma < 1,4 \text{ g/cm}^3$) são utilizadas para fins de isolamento térmico e acústico, as **normais** ($1,4 \text{ g/cm}^3 \leq \gamma \leq 2,3 \text{ g/cm}^3$) nas aplicações convencionais e as **pesadas** ($\gamma > 2,3 \text{ g/cm}^3$) como blindagem contra radiação.

A **adesão inicial** é a capacidade das argamassas em "**grudar**" em um substrato. Essa propriedade está relacionada com a tensão superficial da argamassa. Quanto menor a tensão superficial, maior será a área de contato entre o substrato e a argamassa. A cal melhora a adesão inicial de argamassas com



cimento, assim como a utilização de aditivos incorporadores de ar ou os retentores de água. Nesse caso, caso, a cal o cimento e o aditivo diminuem a tensão superficial.





**TOME
NOTA!**

A cal melhora a coesão, retenção de água, adesão inicial e plasticidade das argamassas.

O cimento confere maior resistência mecânica, porém, torna as argamassas rígidas.

Os materiais finos melhoram a retenção de água, mas pioram a aderência e a retração por secagem.

5.1.2 - Propriedades no estado endurecido

As principais propriedades das argamassas no estado endurecido são: aderência, retração, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, permeabilidade e durabilidade.

A **aderência** é a capacidade da argamassa em **resistir aos esforços** atuantes entre a **interface** da argamassa e do substrato. Quanto maior for a área de contato, maior será a aderência. Porém, a aderência não é uma propriedade exclusiva da argamassa, pois depende das características do substrato. A areia grossa compromete a área de contato entre o substrato e a argamassa, diminuindo a extensão de aderência.

Além disso, aderência tem relação direta com plasticidade. A cal apresenta maior capacidade retenção de água, além de conferir maior plasticidade às argamassas. Assim, a utilização de pequenas quantidades de cal melhora, consideravelmente, a aderência. Além disso, quanto maior o teor de hidróxido de magnésio na cal, maior será a plasticidade. Assim, as argamassas com cal dolomítica apresentam maior aderência do que as argamassas com cal calcítica.

Quando a argamassa começa a secar, acontece um fenômeno conhecido com retração. A **retração** é definida como a **diminuição volumétrica** que acontece por causa da evaporação da água e reações químicas. É uma propriedade que apresenta papel fundamental no desempenho final das argamassas, afetando a estanqueidade e a durabilidade. Essas variações volumétricas provocam o surgimento de trincas e fissuras mapeadas (inclinação de aproximadamente 90°).

A retração é influenciada pela quantidade de água e pela espessura da camada de argamassa. Assim, quanto maior a relação água/aglomerante, maior será a retração. Embora também aconteça retração por meio das reações de hidratação, o processo por secagem é mais importante. Além disso, quanto maior for o teor de finos e quanto mais descontínua for a curva granulométrica dos materiais, maior será a retração.

As condições ambientais também influenciam nesse fenômeno. A secagem muito rápida não permite que a argamassa adquira resistência à tração suficiente para suportar as tensões internas. O mesmo acontece para camadas muito espessas de argamassa. Conseqüentemente, fissuras e trincas são formadas.



As argamassas devem ser capazes de **absorver deformações** e isso é influenciado pelo módulo de elasticidade, composição da argamassa e espessura da camada. Quanto maior o módulo de elasticidade, menos deformações serão absorvidas, uma vez que a argamassa será mais rígida. O módulo de elasticidade é influenciado diretamente pelos materiais utilizados: argamassas ricas em cimento são mais caras, rígidas e mais resistentes. Quanto maior a espessura, maior será a capacidade de absorver deformações. Contudo, camadas muito espessas retraem mais.

A **resistência mecânica**, embora seja um fator necessário, não é o mais importante. Como dito anteriormente, as argamassas devem apresentar capacidade de absorver deformações. As argamassas mais resistentes são **mais caras** e mais **rígidas**. Conseqüentemente, a capacidade de suporte de deformações diminui. Quanto maior a quantidade de cimento, maior a resistência mecânica, porém, maior será a tendência de fissuração e menor será a **durabilidade**.



(Prefeitura de Lagoa Alegre/PI, 2019) A argamassa de assentamento é o elemento de ligação entre as unidades de alvenaria, normalmente constituída de cimento, areia e cal. A capacidade que a interface bloco-argamassa possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela, sem causar rompimento, é uma propriedade da argamassa denominada de:

- a) Trabalhabilidade
- b) Consistência
- c) Aderência
- d) Endurecimento

Comentário:

A **letra A está errada**, pois, a trabalhabilidade pode ser definida como a facilidade de mistura, transporte, aplicação e acabamento, sem que ocorra segregação ou perda de coesão da argamassa.

A **letra B está errada**, pois, a consistência está relacionada com a facilidade de deformação da argamassa quando é aplicada uma carga. Nesse caso, ela está associada com a fluidez e pode ser dividida em seca, plástica e fluida.

A **letra C está correta**, pois, a aderência é a capacidade da argamassa em resistir aos esforços atuantes entre a interface da argamassa e do substrato.

A **letra D está errada**, pois, o endurecimento é o desenvolvimento da resistência mecânica com o tempo.



5.2 - Classificação das argamassas

As argamassas podem ser classificadas de acordo com vários critérios como: quanto ao tipo, natureza e número de aglomerantes, consistência, plasticidade e densidade¹¹.

De acordo com a **natureza dos aglomerantes**, as argamassas são divididas em aéreas e hidráulicas. As **aéreas** são formadas por cal aérea ou gesso e não são capazes de suportar a ação da água. Em contrapartida, as **hidráulicas** são feitas com cimento Portland ou cal hidráulica e podem ser utilizadas em ambientes com presença de umidade.

Talvez, a forma mais comum de nomeação de uma argamassa seja de acordo com o **tipo de aglomerante** utilizado. Assim, elas podem ser de cimento, cimento + cal, cal, gesso, e cal + gesso. As argamassas mais importantes são feitas com cimento e cimento + cal. Contudo, as de gesso são muito utilizadas em acabamentos.

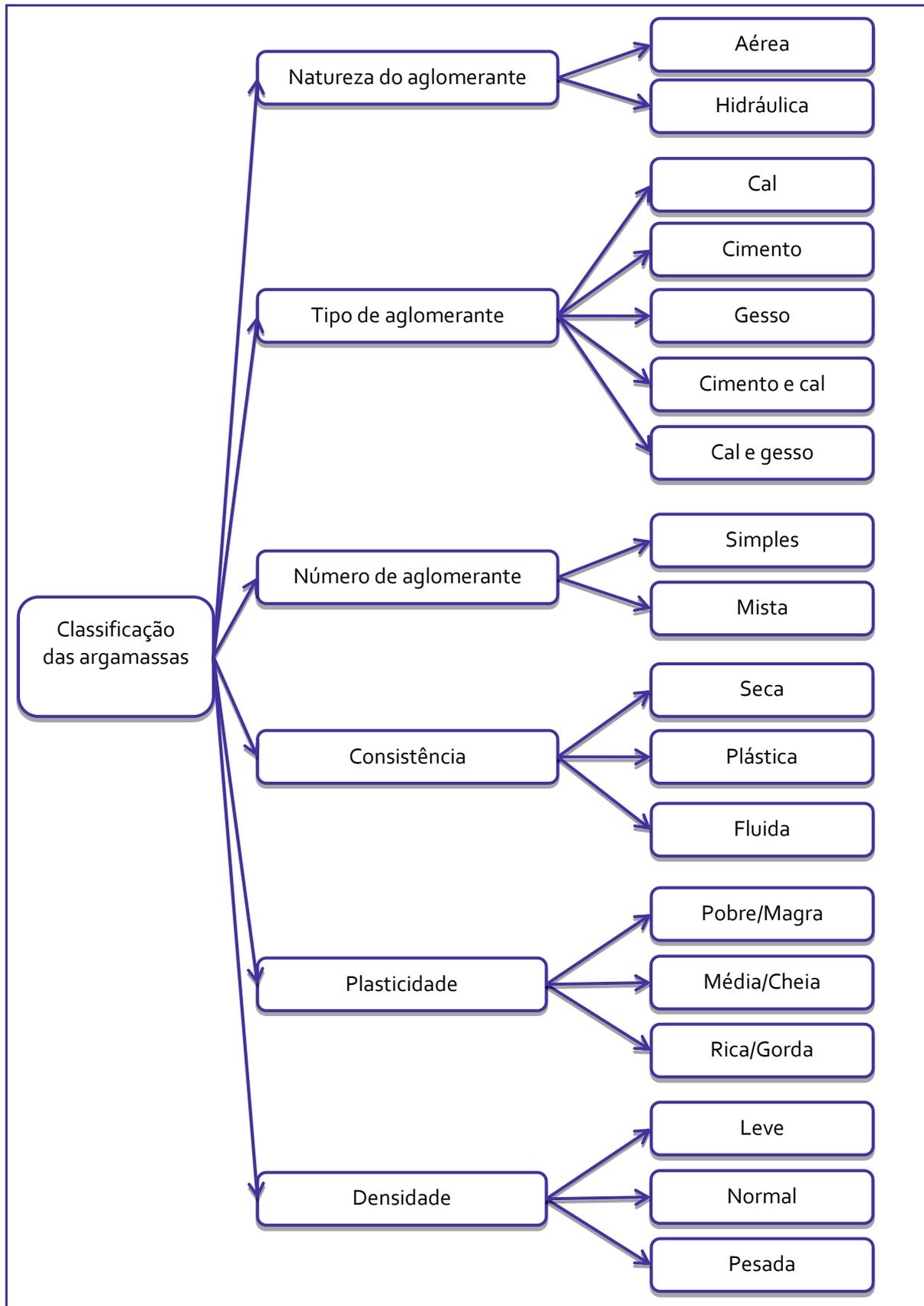
As argamassas também podem ser classificadas quanto ao **número de aglomerante**. As **simples** são formadas apenas por um único aglomerante (cimento, gesso ou cal), ao passo que as **mistas** são formadas por uma combinação de aglomerantes (cimento + cal ou gesso + cal).

Quanto à **consistência**, elas podem ser classificadas em **seca, plástica e fluida**. Relembrando, a consistência está relacionada com a fluidez. Uma argamassa seca apresentará pouca quantidade de água e aglomerante e conseqüentemente o atrito entre as partículas será maior. As fluidas possuem água em excesso e tendem a se segregar e exsudar. As plásticas possuem quantidade suficiente de agregado e água.

Quanto à **plasticidade**, elas podem ser classificadas em **pobre ou magra, média ou cheia e rica ou gorda**. A plasticidade é a capacidade de argamassa e manter a sua forma. As argamassas pobres são ásperas e de difícil manuseio, ao passo que, as ricas apresentam a melhor trabalhabilidade. Com relação à **densidade**, as argamassas são classificadas em **leves, normais e pesadas**. As argamassas leves são utilizadas em obras de isolamento térmico e acústico, as normais em obras comuns e as pesadas para blindagem de radiação.



¹¹ CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil: e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1. Ed. São Paulo: IBRACON, 2007. 2 v. cap. 28.





(Prof. Teresina/PI, 2016) As argamassas podem ser classificadas com relação a vários critérios, alguns dos quais são propostos a seguir:

- I. Quanto à natureza do aglomerante.
- II. Quanto ao número de aglomerantes.
- III. Quanto à consistência da argamassa.
- IV. Quanto à plasticidade da argamassa.
- V. Quanto à densidade de massa da argamassa.

As argamassas para cada critério de classificação apresentado acima são, respectivamente, do tipo I II III IV V

	I	II	III	IV	V
A	- Aérea - Hidráulica	- Simples - Mista	- Seca - Plástica - Fluida	- Leve - Normal - Pesada	- Pobre ou magra - Média ou cheia - Rica ou gorda
B	- Aérea - Hidráulica	- Seca - Plástica - Fluida	- Simples - Mista	- Pobre ou magra - Média ou cheia - Rica ou gorda	- Leve - Normal - Pesada
C	- Aérea - Hidráulica	- Simples - Mista	- Seca - Plástica - Fluida	- Pobre ou magra - Média ou cheia - Rica ou gorda	- Leve - Normal - Pesada
D	- Leve - Normal - Pesada	- Aérea - Hidráulica	- Seca - Plástica - Fluida	- Simples - Mista	- Pobre ou magra - Média ou cheia - Rica ou gorda
E	- Simples - Mista	- Leve - Normal - Pesada	- Pobre ou magra - Média ou cheia - Rica ou gorda	- Seca - Plástica - Fluida	- Aérea - Hidráulica

Comentário:

- I. Quanto a natureza do aglomerante as argamassas podem ser classificadas em **áreas e hidráulica**.
- II. Quanto ao número de aglomerantes as argamassas são classificadas em **simples e mistas**.
- III. Quanto à consistência as argamassas são classificadas em **seca, plástica e fluida**.
- IV. Quanto à plasticidade da argamassa, ela é classificada em **pobre, média e rica**.



V. Quanto à densidade de massa da argamassa, são classificadas em **leves, normais e pesadas**.

Assim, a alternativa correta é a que apresentar:

I (área e hidráulica), II (simples e mista), III (seca, plástica e fluida), IV (pobre, média e rica) e V (leve, normal e pesada). Assim, **a letra C está correta**.

5.2.1 - Função das argamassas

As argamassas também podem ser classificadas de acordo com a sua função e utilização em: argamassas de assentamento, rejuntamento, revestimento, reforço e reparo de estruturas de concreto.

As argamassas de **assentamento** são utilizadas para a construção de **alvenarias e assentamento de placas cerâmicas** (pisos e azulejos). No caso da construção das alvenarias, as argamassas são as juntas responsáveis por manter a parede íntegra, formando um elemento monolítico e capaz de absorver deformações e tensões. Além disso, elas distribuem a carga de maneira eficiente entre as unidades de alvenaria. São responsáveis também pela estanqueidade, uma vez que, evitam a penetração da água da chuva.

As argamassas de assentamento de cerâmicas são responsáveis por manter a aderência entre o revestimento cerâmico e o substrato. Elas devem apresentar capacidade de suporte das placas e absorver as deformações naturais dos revestimentos. O **rejuntamento** é realizado para cobrir as juntas de assentamento das placas cerâmicas, conferir proteção e promover acabamento decorativo.

As **argamassas de revestimentos** são utilizadas como proteção da alvenaria contra o intemperismo, para integrar o sistema de vedação (melhorando o conforto térmico e acústico) e regularizar a base para o recebimento de revestimentos decorativos (cerâmica ou pintura). Embora apresentem função de regularização, as argamassas não devem ser utilizadas para correção de imperfeições grosseiras. Lembre-se que, camadas muito espessas tendem a se retraírem e a fissurarem.

Os revestimentos são formados por camadas, que podem ser: chapisco, emboço, reboco e camada única. O **chapisco** é uma camada grosseira, aplicada sobre o substrato e que apresenta função de uniformizar, dar aderência e preparar a base para o recebimento de outras camadas. O chapisco, geralmente, é feito com cimento e areia grossa (1:2 ou 1:3).

O **emboço** é aplicado em cima do chapisco e apresenta como finalidade a regularização da base para o recebimento do reboco ou qualquer outra camada de acabamento. O **reboco** é a última camada do revestimento de argamassa, tem função de acabamento e, por causa disso, é feito com areia fina. Ele serve como base para a pintura e, por causa disso, deve apresentar superfícies lisas, homogêneas e regulares. No caso do **revestimento em camada única**, a argamassa será aplicada diretamente sobre a base e funcionará tanto como ponto de aderência, regularização e acabamento final.





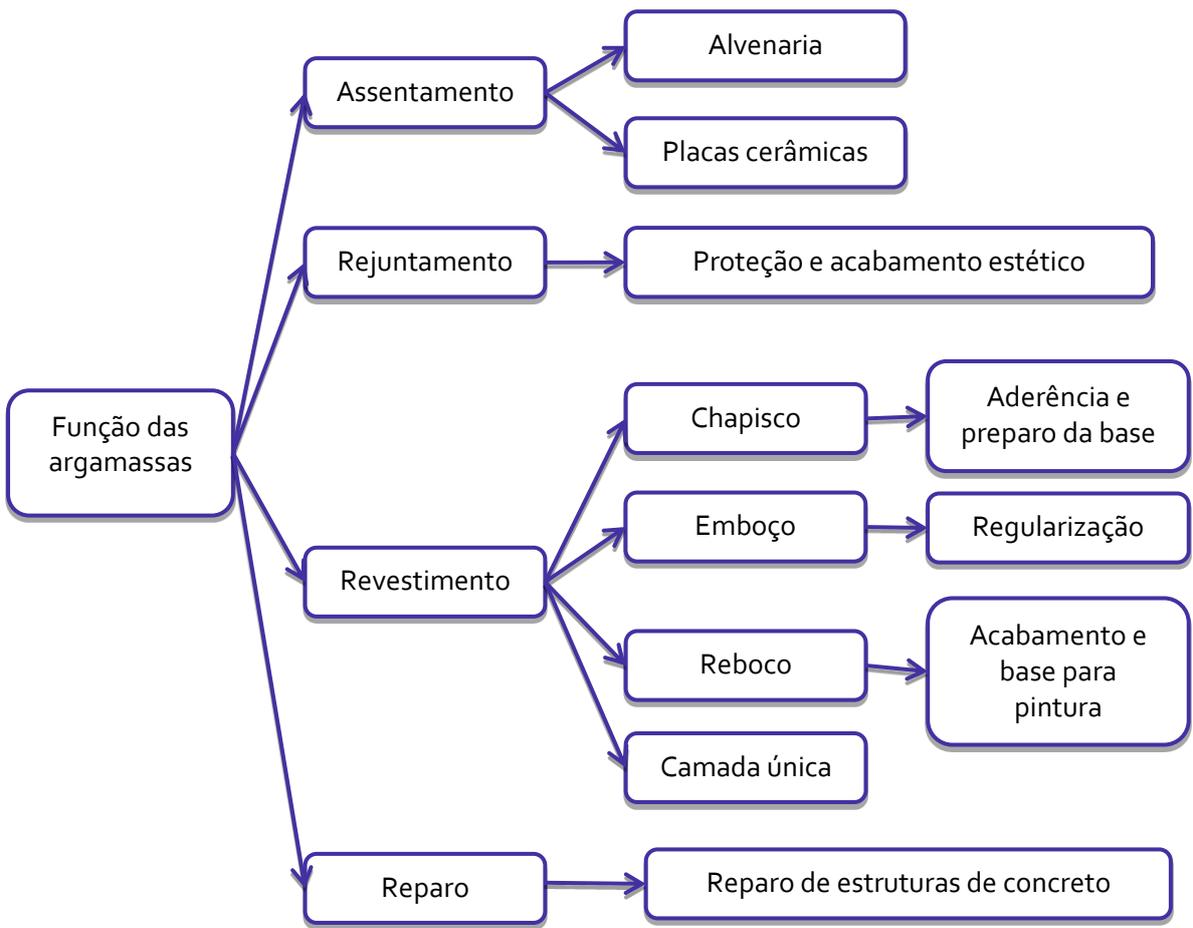
ATENÇÃO DECORE!

A sequência de execução dos revestimentos é sempre chapisco, emboço e o acabamento final (reboco ou placas cerâmicas). Nunca essas camadas serão invertidas.

As argamassas de reparo de estruturas são feitas com cimento Portland, agregados e aditivos especiais. Assim, essas argamassas apresentam boa trabalhabilidade, elevada resistência mecânica, boa aderência e conferem proteção contra a penetração de agentes agressivos e água. Algumas argamassas também podem apresentar aditivos inibidores de corrosão do aço.



RESUMINDO





(COPEVE-UFMS, 2015) Os revestimentos de argamassa podem ser constituídos por uma ou mais camadas.

I. O reboco é a camada que tem por finalidade cobrir e regularizar a superfície do substrato ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de emboço, de revestimento cerâmico, ou outro procedimento ou tratamento decorativo (que se constitua no acabamento final).

II. O emboço é a camada de revestimento utilizada para cobrir o reboco, propiciando uma superfície que permite receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.

III. O revestimento de camada única é executado diretamente sobre os substratos. Neste caso, a camada única tem função dupla, ou seja, deve atender às exigências de aderência ao substrato e referentes à camada de acabamento.

IV. Um problema sério, tanto para o revestimento em várias camadas, como para a camada única, diz respeito a espessuras excessivas que trazem problemas não só de sobrecargas, como também de retração e provável fissuração.

Estão corretas apenas as afirmações:

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

Comentário:

A **afirmativa I está errada**, pois, o reboco apresenta função de acabamento final. O emboço que é responsável por cobrir e regularizar a superfície para o recebimento de outras camadas.

A **afirmativa II está errada**, pois, o reboco reveste o emboço, e não o contrário.

A **afirmativa III está correta**, pois, o revestimento em camada única apresenta função de aderência e acabamento.

A **afirmativa IV está correta**, pois, camadas espessas de argamassa sobrecarregam o sistema, além de estarem mais suscetíveis à retração e fissuração.

Assim, apenas as afirmativas III e IV estão corretas, ou seja, a **letra B está correta**.



6 - CONCRETO

O nosso estudo sobre concreto será a partir dos termos e definições que são importantes para o entendimento do concreto. O estudo mais aprofundado acontecerá na aula de concreto armado.

Vamos começar?

Vocês sabiam que o concreto é o segundo recurso mais consumido no mundo, ficando atrás apenas do consumo de água? Essa grande utilização acontece por causa de algumas vantagens que o concreto apresenta em relação aos outros materiais de construção.

Econômicas: o volume do concreto é composto, em maior parte, por materiais como a areia e a brita que podem ser obtidos nas proximidades da edificação e são baratos. Além disso, o concreto pode ser feito diretamente no canteiro de obras e sem a necessidade da utilização de mão de obra altamente qualificada. Consequentemente, é um material estrutural relativamente barato.

Moldável: o concreto no estado fresco é facilmente moldável e se adapta em qualquer tipo de forma, até mesmo nas formas mais complexas.

Durável: concretos estruturais preparados de maneira correta apresentarão baixas porosidade e permeabilidade e consequentemente possuirão maior durabilidade. Além disso, por causa da baixa permeabilidade é comum a utilização do concreto em obras hidráulicas, como por exemplo, em canais e galerias de águas pluviais. Outro ponto interessante é o aumento da resistência mecânica com o passar do tempo. Isso acontece por causa da hidratação e outras reações químicas que acontecem nas pastas de cimento.

As estruturas de concreto são **monolíticas e hiperestáticas** e por causa disso oferecem maior segurança estrutural. Além disso, o concreto apresenta **fácil manutenção e conservação**.

No entanto, o concreto apresenta algumas **desvantagens**, como: **peso próprio elevado**, por volta de 2500 kg/m^3 , e isso limita a sua utilização em grandes vãos. **Baixo grau de proteção térmica**, sendo necessária a utilização de telhados e isolantes para um conforto térmico adequado. **Fissuração** é um fenômeno comum no concreto, uma vez que esse material não apresenta resistência à tração. Em oposição às estruturas metálicas, o concreto precisa de um **tempo** para adquirir resistência mecânica. Além disso, obras de **reformas e demolições** são difíceis de serem realizadas.

Vimos quais são as vantagens e desvantagens do concreto, mas o que é um concreto?

O **concreto simples**, ou apenas concreto, é definido como sendo um material composto por cimento Portland, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água em proporções adequadas. Além disso, é comum a utilização de adições minerais (escória de alto-forno, sílica ativa, fíler calcário) e aditivos para a melhoria das propriedades do concreto no estado fresco (concreto recém-misturado com água) e no estado endurecido.

No concreto, a mistura do cimento com água forma a **pasta** de cimento, cuja finalidade é aglomerar, ou manter os agregados unidos. A pasta pode ser entendida como sendo a cola do concreto. A



argamassa é formada pela mistura entre cimento, agregado miúdo e água e geralmente o agregado miúdo é areia comum, que preenche os espaços vazios entre os agregados graúdos.

A argamassa depois de seca endurece e adquire resistência mecânica. Assim que acrescentamos brita na argamassa, teremos a formação do **concreto**. O concreto formado pela adição de armadura passiva é conhecido como **concreto armado** e quando é utilizada armadura ativa, recebe o nome de **concreto protendido**.



Nas armaduras passivas não são aplicadas tensões iniciais.

No caso do concreto protendido, pelo menos uma parte da armadura apresenta tensões previamente aplicadas. Essas tensões são provenientes de um pré-alogamento do aço e esse procedimento evita esforços de tração no concreto. Assim, essa técnica é utilizada em grandes vãos de concreto. Contudo, o concreto protendido utiliza materiais mais caros e técnicas de execução mais complexas do que o concreto armado.

Mas, por que são adicionadas barras de aço no concreto?

Quando uma estrutura está sujeita a esforços solicitantes, o concreto apresenta a função de absorver os esforços de compressão, uma vez que, a sua resistência à tração é muito baixa. Para contornar essa situação, armaduras de aços são adicionadas. O concreto armado é um material de construção composto proveniente da união do concreto simples com o aço de baixo teor de carbono.

No caso do concreto armado as armaduras são passivas, e o aço possui a tarefa de absorver as tensões de tração. É importante ter em mente que, a utilização do aço no concreto armado só é possível por causa três fatores: boa aderência, coeficiente de dilatação térmica do aço e do concreto são próximos e proteção das armaduras.

A **aderência** entre o concreto e o aço é uma propriedades extremamente importante, uma vez que ela está relacionada com a transferência das tensões de tração do concreto para o aço. Nesse caso, a armadura passiva e o concreto trabalham conjuntamente sob as diferentes ações que atuam nas estruturas.

Os **coeficientes de dilatação térmica** do aço e do concreto são **próximos**. Isso é importante, pois, com gradientes de temperatura, não haverá a adição de tensões que comprometam a aderência entre o concreto e o aço, exceto em condições de incêndio.

O concreto proporciona tanto proteção física como proteção química para as armaduras de aço. O concreto recobre as armaduras de aço e assim confere **proteção física** contra agentes agressivos externos, como os íons cloretos, intempéries e protege o aço contra abrasão, desgaste e flambagem. No entanto, a



proteção física só é conseguida quando o concreto é feito de maneira adequada. A proteção **química** acontece devido ao pH elevado do concreto, formando uma camada passivadora ao redor do aço e inibindo o processo de corrosão.



(Pref. Bom Despacho/SP, 2015) São materiais que compõem o concreto simples: Exceto.

- a) Areia;
- b) Cal;
- c) Cimento;
- d) Água.

Comentário:

A **letra A está correta**, pois, a areia é o agregado miúdo do concreto.

A **letra B está errada**, pois, a cal não entra na composição do concreto.

A **letra C está correta**, pois, o cimento é o principal constituinte dos concretos.

A **letra D está correta**, pois, a água participa do processo de hidratação do cimento e é responsável pela trabalhabilidade dos concretos.



7 - MADEIRAS

Você sabia que a madeira é um material extremamente versátil e é empregada como matéria-prima industrial e na construção civil? Além disso, ela foi um dos primeiros materiais de construção utilizados pelo homem.

A madeira é aplicada em todas as etapas de uma construção, desde a execução das fundações até os acabamentos. Como exemplo, têm-se as fôrmas para estruturas de concreto, cimbramentos, coberturas, peças de elementos estruturais, esquadrias (portas e janelas), material de revestimento e acabamento, painéis de divisórias, etc. Além disso, a madeira pode ser utilizada para a construção de linhas de transmissão de energia elétrica, dormentes em vias férreas, pontes, passarelas, etc.

Por causa de suas propriedades e características únicas, ela apresenta várias **vantagens** em relação aos outros materiais de construção. A madeira é um material **renovável** e a quantidade de **energia** necessária para o seu desdobro e beneficiamento é **baixa**, quando comparada a produção de concreto e aço. Contudo, para a madeira ser considerada um material sustentável, ela precisa ser legal e certificada.

Outra vantagem da madeira é a sua **baixa densidade**, geralmente em torno de $1,50 \text{ g/cm}^3$. Só por comparação, a densidade do aço é de $7,85 \text{ g/cm}^3$. Além disso, a madeira possui **resistência mecânica** a esforços de compressão, tração e tração na flexão. Por ser um material leve e resistente, ela apresenta **alta relação resistência/densidade**. Assim, elas podem ser utilizadas como elementos estruturais e por causa do baixo peso, sobrecarregam menos as estruturas. Além disso, algumas madeiras estruturais apresentam resistência mecânica maiores do que as resistências do concreto armado convencional.

A madeira é um material de fácil **manuseio**, possui **aspecto estético e decorativo** e pode ser utilizada em sistemas de **isolamento térmico** e **acústico**. Outra vantagem é não apresentar grandes deformações quando submetida a temperaturas elevadas. Além disso, apresenta alta **resistência ao impacto** e a **cargas dinâmicas**.

A madeira é um material natural, orgânico e de origem vegetal e por causa disso, alguns cuidados são necessários para a sua utilização em obras. As principais **desvantagens** são: **heterogeneidade**, **anisotropia**, **degradação** por micro-organismos, apodrecimento e ataque de cupins, possui **alta inflamabilidade** e pode apresentar **defeitos de secagem** (arqueamento, empenamento, rachaduras, etc.). Além disso, também apresenta **limitações dimensionais**.

Algumas das desvantagens da madeira podem ser revertidas. A heterogeneidade, anisotropia e limitações dimensionais podem ser revertidas com a utilização das madeiras transformadas (laminados, compensados). A degradação e inflamabilidade podem ser contornadas por meio de tratamentos com produtos adequados.





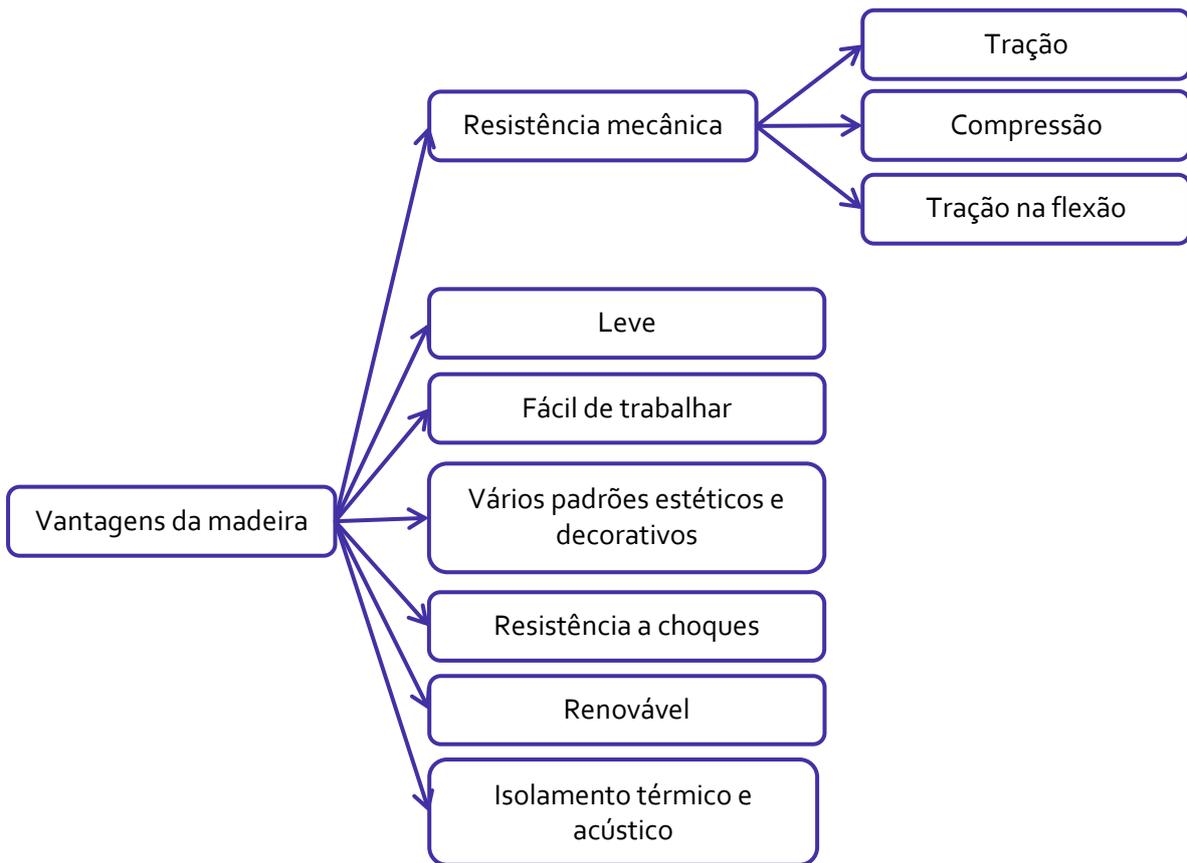
ESCLARECENDO!

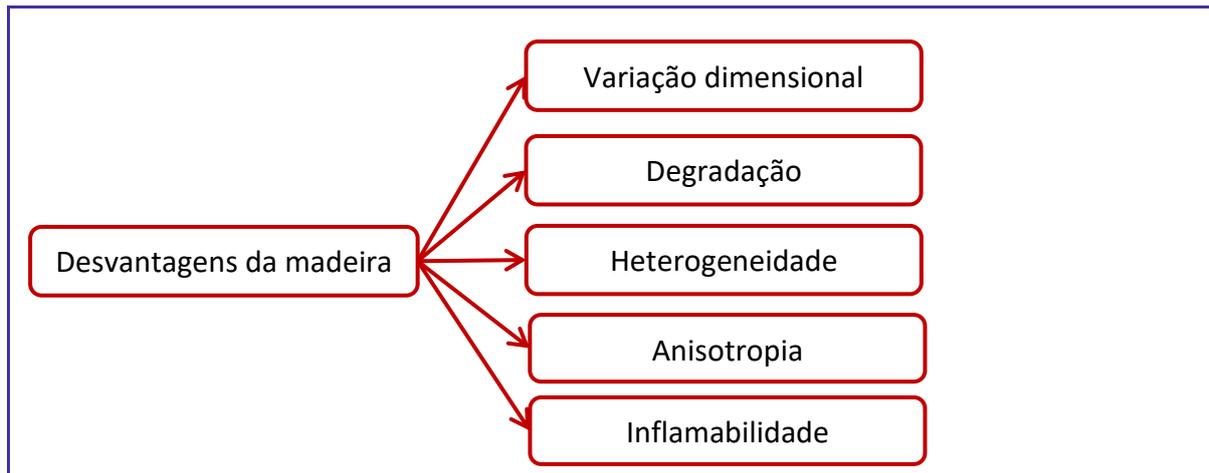
Anisotropia significa que as propriedades físicas e mecânicas da madeira variam de acordo com a direção de orientação das fibras. Por exemplo, a madeira é mais resistente na direção paralela às fibras do que na direção perpendicular.

Embora a madeira apresente alta inflamabilidade, o seu comportamento em condições de incêndio pode ser melhor do que o aço ou o concreto.



RESUMINDO





HORA DE
PRATICAR!

(Instituto AACP, 2016) A respeito das vantagens e desvantagens do uso da madeira nas edificações, assinale a alternativa INCORRETA.

- a) A madeira absorve bem os esforços de compressão simples quando esses esforços atuam na mesma direção das fibras;
- b) A madeira, além de ter a vantagem do peso reduzido, possui resistência mecânica elevada, sendo superior à do concreto;
- c) Por ser um material natural, a madeira tem dificuldade de aperfeiçoamento e necessita de ferramentas específicas para ser trabalhada;
- d) A madeira, quando tem seu processo de secagem inadequado, pode obter defeitos como rachaduras, abaulamento e curvatura das peças;
- e) A madeira apresenta boas características de isolamento térmico e absorção acústica, além de apresentar diferentes padrões estéticos e decorativos.

Comentário:

A **letra A está correta**, pois, a madeira é mais resistente na direção paralela às fibras, ou seja, na mesma direção das fibras.

A **letra B está correta**, pois, a madeira é um material leve e dependendo do tipo de madeira, elas podem apresentar resistência mecânica superior à do concreto.

A **letra C está incorreta**, pois, a madeira é um material de fácil manuseio.



A **letra D está correta**, pois, se a secagem da madeira for realizada de maneira inadequada, surgem defeitos de secagem, como rachaduras, abaulamento, arqueamento, empenamento, etc.

A **letra E está correta**, pois, a madeira apresenta características de isolamento térmico, acústico e padrões estéticos.

Vamos estudar um pouquinho sobre a fonte da madeira, ou seja, as árvores?

7.1 - Fisiologia das árvores e obtenção da madeira

7.1.1 - Classificação

As árvores são seres vivos e apresentam classificação botânica e vários termos fisiológicos. Contudo, não entraremos muito em detalhes sobre isso e estudaremos apenas o mais importante para a utilização da madeira como material de construção.

As plantas podem ser classificadas em gimnospermas e angiospermas. As **gimnospermas** se caracterizam por possuírem sementes expostas e geralmente são plantas de clima frio e temperado. As gimnospermas se dividem em: **coníferas**, gnetáceas, cicadáceas e ginkgoaceae. As **angiospermas** se caracterizam por apresentarem flores e frutos e são classificadas em monocotiledôneas e **dicotiledôneas**. Não se preocupe com esses nomes, para nós apenas as coníferas e dicotiledôneas são importantes.

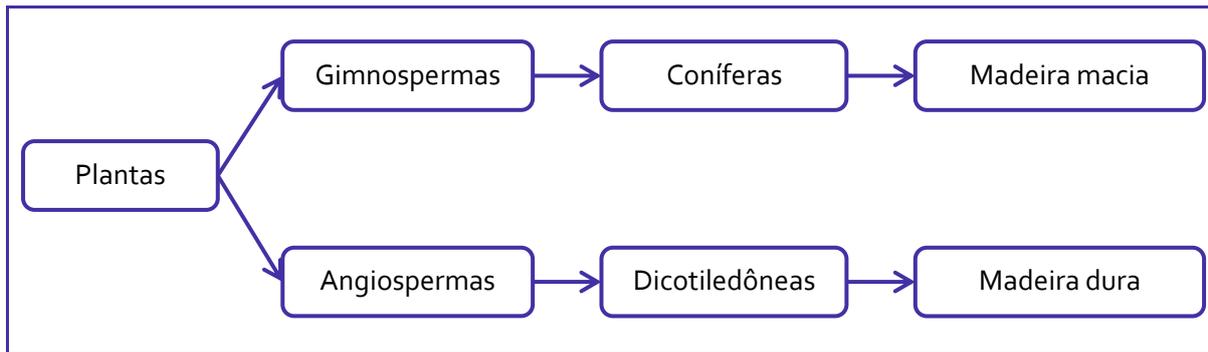
Aqui no Brasil, as **coníferas** mais importantes - utilizadas como material de construção - são o pinus e o pinheiro do Paraná (araucária). As árvores apresentam folhas com formato de agulhas e desenvolvem cones (pinhas), ao invés de flores e frutos. Além disso, elas apresentam crescimento rápido. Geralmente, as coníferas são conhecidas como **madeiras macias** e menos resistentes.

As **dicotiledôneas** apresentam resistência mecânica superiores à resistência das coníferas e são conhecidas como **madeiras duras**. Suas árvores são frondosas, com crescimento lento e apresentam flores e frutos. A maioria das árvores brasileiras como o ipê, aroeira, sucupira, peroba, carvalho, paraju, etc., são exemplos de dicotiledôneas.



EXEMPLIFICANDO

As plantas que são utilizadas na engenharia civil podem ser classificadas da seguinte maneira:



7.1.2 - Fisiologia

A madeira é proveniente das árvores e as **árvores** são formadas por raiz, tronco e copa. A **raiz** é responsável pela sustentação e também pela absorção de água e sais minerais. O **tronco** sustenta a copa e conduz por capilaridade a seiva bruta (da raiz até a copa) e a seiva elaborada (da copa para o lenho em crescimento) e armazena substâncias. A **copa** é formada por galhos, folhas, flores e frutos e é responsável pela produção da seiva elaborada.



A seiva bruta é formada por uma solução diluída de sais minerais que a planta retira do solo pelas raízes. Essa solução será utilizada como “matéria-prima” para a produção da seiva elaborada.

A seiva elaborada é uma solução aquosa composta, principalmente, por aminoácidos e açúcares.

Capilaridade é uma propriedade física que está relacionada com o transporte de fluidos em tubos capilares (dimensões muito pequenas).

O **tronco** é a parte útil para a produção das peças de madeira. Quando uma árvore é cortada, verifica-se a presença de várias estruturas diferentes, que são: casca, câmbio, lenho (alburno, cerne) e medula.

A **casca** é a camada mais externa da árvore, recobre o tronco e é formada por tecido morto. Por causa disso, se a casca for cortada, a árvore não morrerá. Essa camada não apresenta aplicações em estruturas da madeira.

Entre a casca e o lenho, existe uma camada muito fina, chamada de **câmbio**. O câmbio é formado por tecido meristemático e é responsável pelo transporte da seiva elaborada das folhas até o lenho em crescimento. Se essa seção da árvore for cortada, a árvore morrerá, pois o fluxo ascendente e descendente de seiva será interrompido. Além disso, o câmbio é responsável pelo crescimento e desenvolvimento do tronco (anéis de crescimento) e regeneração da casca.



O **alburno** é formado por células vivas e é responsável pelo transporte da seiva bruta das raízes às folhas, por meio de movimento vertical ascendente. O **cerne** é formado por células mortas, é impregnado por substâncias corantes e apresenta resistência mecânica para sustentar a árvore. O alburno é mais claro, mais permeável e menos resistente do que o cerne, por isso, apresenta menor valor comercial.

A **medula** é formada por células mortas e de pouca densidade. É considerada prejudicial, pois, não apresenta resistência mecânica e nem é durável. Por causa disso, geralmente, em peças estruturais o corte é realizado de maneira a retirar essa seção.



ESCLARECENDO!

Tecidos meristemáticos são tecidos encontrados em plantas, cuja principal função é promover o crescimento da árvore. Eles são formados por células indiferenciadas e que apresentam capacidade de multiplicação e diferenciação.

As **coníferas** apresentam **raios medulares** e traqueídes. Os primeiros são células alongadas e que estão localizadas horizontalmente na direção da casca até a medula. Sua principal função é a condução da seiva elaborada do lenho para a medula. Os **traqueídes** são células alongadas dispostas longitudinalmente e são responsáveis pela sustentação e armazenamento de substâncias.

As **dicotiledôneas** apresentam raios medulares, vasos e fibras. Os **raios medulares** exercem as mesmas funções descritas anteriormente. As **fibras** são células alongadas (mais finas que os traquídes) e responsáveis pela sustentação. Por outro lado, os **vasos** também são células alongadas, porém, são responsáveis pelo armazenamento e transporte de seiva bruta.

Observe que, nas coníferas a estrutura de suporte são os traqueídes, ao passo aqui, nas dicotiledôneas são as fibras. No entanto, é comum a utilização do termo "**fibras**" para as estruturas de suporte e nesse caso englobam tanto os traqueídes como as fibras propriamente ditas.



HORA DE PRATICAR!

(UFPE, 2017) Na madeira, o lenho é formado pelo alburno e pelo cerne, sendo o cerne a parte mais resistente, pois é formado por:

- a) células mortas, que, além da função de resistir, é veículo da seiva bruta das raízes às folhas;
- b) células vivas, que, além da função de resistir, é veículo da seiva bruta das raízes às folhas;
- c) células vivas, que têm como função resistir aos esforços externos que solicitam a árvore;



- d) células mortas, que têm como função resistir aos esforços externos que solicitam a árvore;
- e) células vivas, que têm a função de resistir aos esforços externos da ação gelo-degelo.

Comentário:

A **letra A está incorreta**, pois, embora o cerne seja formado por células mortas, ele apresenta função de sustentação da árvore e não de transporte da seiva bruta. A estrutura responsável pelo transporte da seiva bruta das raízes às folhas é o alburno.

A **letra B está incorreta**, pois, o cerne é formado por células mortas e apresenta função de sustentação da árvore e não de transporte da seiva bruta.

A **letra C está incorreta**, pois, o cerne é formado por células mortas.

A **letra D está correta**, pois, o cerne é formado por células mortas e apresenta resistência mecânica.

A **letra E está incorreta**, pois, o cerne é formado por células mortas.

7.1.3 - Direções das fibras

A madeira é tratada como um material ortotrópico, ou seja, as suas propriedades são diferentes ao longo de três eixos ortogonais. Por causa disso, a madeira é um material anisotrópico. Quando o tronco de uma árvore é cortado, teremos três eixos: longitudinal, tangencial e radial.

A direção **longitudinal** corresponde à direção de crescimento vertical da árvore, ou em outras palavras, está localizado no mesmo sentido de orientação das fibras. Essa direção também pode ser chamada de **paralela às fibras**. A direção **radial** está localizada no eixo radial, perpendicular às fibras e no sentido dos anéis de crescimento. A direção **tangencial** corresponde à direção transversal tangencial aos anéis de crescimento. Note que, as direções radiais e tangenciais são **perpendiculares às fibras**.

A forma do corte irá influenciar na aplicação da madeira como material estrutural ou decorativo. Isso, pois, a água presente na madeira pode provocar alterações dimensionais e causar retrações. Consequentemente, surgem defeitos como fendilhamento, fissuras, arqueamento, etc. A retração acontece de maneira mais pronunciada na direção tangencial.

De acordo com o desdobro, as madeiras apresentarão características decorativas ou melhores propriedades mecânicas e de estabilidade dimensional. Na Figura 7.1 estão apresentadas duas madeiras com cortes diferentes. A imagem da esquerda corresponde a um tipo de madeira que apresenta **padrão estético** adequado para ser utilizado como peça decorativa. No entanto, possui grandes variações dimensionais. Por outro lado, a madeira da direita apresenta boa estabilidade dimensional, boa resistência mecânica e é menos suscetível aos defeitos de secagem.



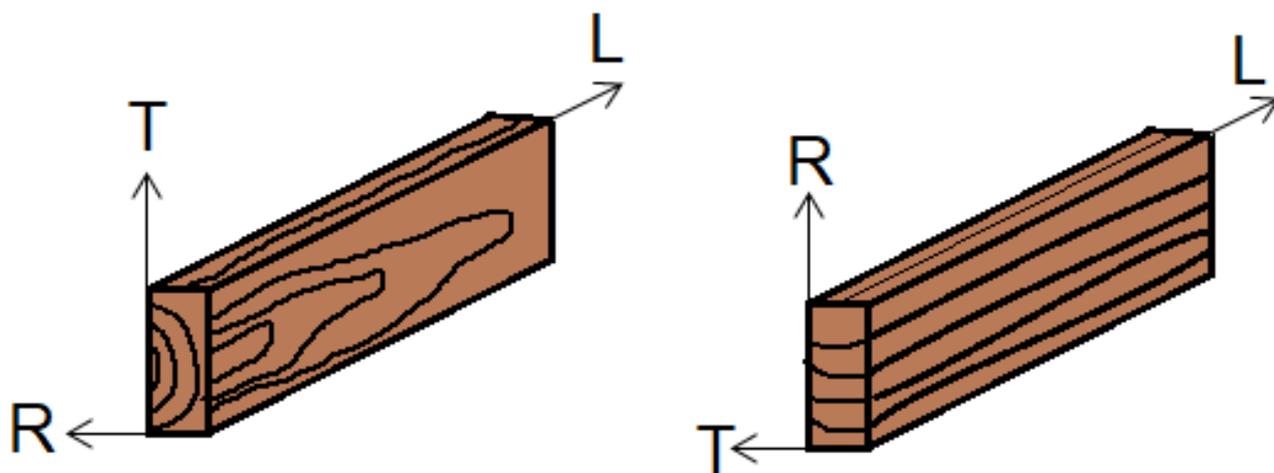


Figura 7.1 – orientação da estrutura interna de uma madeira devido a cortes diferentes. Direções: R (radial), T (tangencial) e L (longitudinal)

7.1.4 - Fatores que afetam as propriedades das madeiras

As propriedades da madeira dependem de sua estrutura anatômica, ou seja, da orientação de suas fibras. Além disso, outros aspectos também influenciam nas suas propriedades, como, os anéis de crescimento, presença de nós, umidade, condições de ensaio, condições do meio, etc. De maneira simplificada, as propriedades das madeiras são afetadas por fatores anatômicos, ambientais e de utilização.

Os fatores **anatômicos** estão associados à estrutura interna da árvore. A **densidade** é relacionada à quantidade de fibras por unidade de área. Assim, quanto maior a densidade, maior a quantidade de fibras e maior a resistência mecânica. Contudo, é importante lembrar que, se a madeira estiver verde, a água presente nela aumenta a densidade aparente e reduz a resistência mecânica. Além disso, os nós e impregnação de resina deixam a madeira mais pesada, mas não influenciam na resistência mecânica.

A **orientação das fibras** é o principal fator que contribui para a anisotropia. Assim, as variações dimensionais e propriedades mecânicas dependem diretamente do sentido de orientação das fibras. Observe que, os melhores desempenhos são obtidos na direção paralela às fibras, ao passo que, os menores estão na direção perpendicular. Além disso, qualquer descontinuidade e mudança de orientação afetarão essas propriedades.

Os **nós** comprometem a resistência mecânica, pois funcionam como concentradores de tensão, além de produzirem descontinuidade na orientação das fibras. Essas estruturas são provenientes dos galhos presentes nas árvores. A presença da **medula** é prejudicial, porque ela é formada por células porosas e frouxas que comprometem as propriedades mecânicas e a durabilidade da madeira.





INDO MAIS FUNDO!

Concentradores de tensão são defeitos e descontinuidades responsáveis por aumentar a concentração de tensão em uma determinada região do material. Por causa deles, o material tende a se fraturar ou entrar no escoamento com cargas mais baixas.

As **condições ambientais** também influenciam nas propriedades da madeira. A **umidade** é responsável pela retração e inchamento e também influencia na resistência mecânica. Quanto menor a umidade, maior será a resistência mecânica e menores serão as variações dimensionais. Além disso, os organismos responsáveis pela degradação da madeira precisam de água para sobreviver. Se a madeira for seca de maneira errada, poderão surgir **defeitos de secagem** proveniente da retração excessiva.

Propriedades das madeiras

A madeira é um dos materiais mais importantes empregados na construção civil. Portanto, o conhecimento de suas propriedades físicas (umidade, densidade, variação dimensional, resistência ao fogo), propriedades mecânicas e durabilidade são de fundamental importância para a sua utilização. A madeira é um material natural e de origem vegetal e por causa disso, a espécie botânica, as condições do solo e do clima, fisiologia da árvore e anatomia influenciam nas suas propriedades.

7.1.5 - Umidade

A árvore é um ser vivo e ao ser recém-cortada (**madeira verde**) apresenta **grande quantidade de água** em seu interior. A água presente na madeira pode ser classificada em três tipos: livre (capilaridade), de impregnação e de constituição. A **água livre** ou de capilaridade é a umidade presente nos **vazios** e nos capilares. A água de **impregnação** corresponde à água **aderida** às paredes celulares, enquanto que, a de **constituição** é a água presente na **composição química**.

Quando uma árvore é cortada e exposta ao meio ambiente, ela perde umidade por causa da evaporação da água livre, até atingir o ponto de saturação. O **ponto de saturação (PS)** corresponde ao teor de umidade no qual a madeira não apresenta mais água livre, possuindo apenas água de impregnação e de constituição. A norma NBR 7190¹² adota o valor referência de **25% de umidade**. A perda da água livre não afeta a variação dimensional e nem a resistência mecânica.

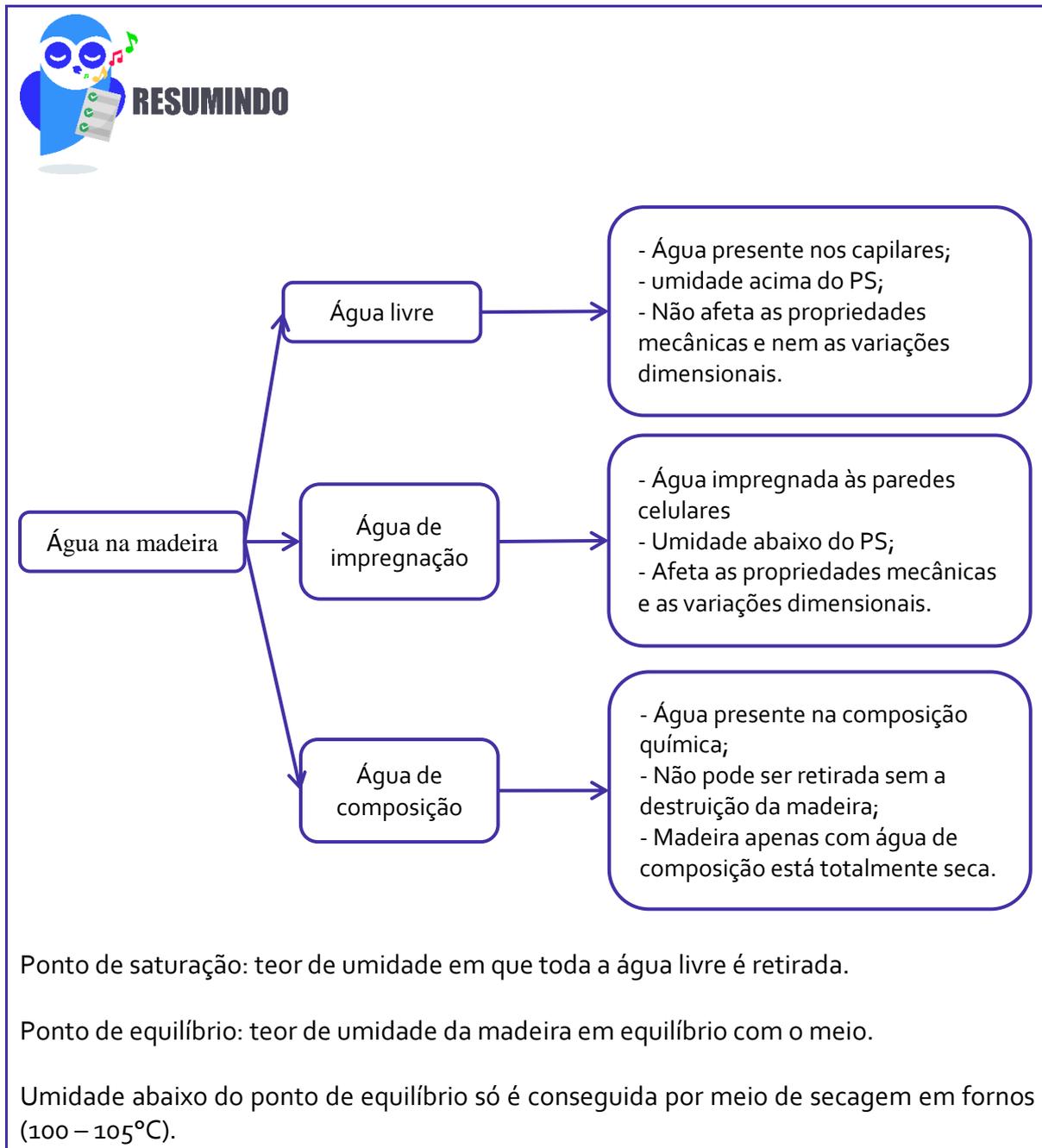
A partir do ponto de saturação, a madeira continua perdendo água de impregnação até atingir a **umidade de equilíbrio (UE)** com o meio. A NBR 7190 adota como referência a UE com o valor de **12%**, quando a umidade relativa do ar é de 65% e a temperatura de 20°C. A NBR 7190 adota classes de umidade

¹² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.



para ajustar as propriedades mecânicas da madeira em função das condições ambientais onde permanecerão as estruturas.

A partir da umidade de equilíbrio, a madeira perderá água apenas por processos artificiais de secagem, como por exemplo, secagem em fornos. A madeira que apresenta apenas água de constituição é conhecida como **completamente seca**. Algumas vantagens da secagem são: redução das variações dimensionais, a madeira fica mais leve e, assim, o frete fica mais barato e reduz o ataque por cupins, micro-organismos e fungos.



7.1.6 - Variação dimensional

É importante conhecer os tipos de água presentes na madeira para entender as variações dimensionais que podem acontecer. Como dito anteriormente, a madeira é um material anisotrópico, ou seja, as suas propriedades variam em cada uma de suas direções.

As **variações dimensionais** são as alterações de dimensões (linear ou volumétrica) causadas pelo inchamento ou retração da madeira. Esse fenômeno é altamente dependente da **orientação das fibras** e está relacionado com as variações da **água de impregnação**. Umidade acima do ponto de saturação não interfere na retração e nem no inchamento da madeira. A retração acontece quando umidade é menor do que o ponto de saturação. Por outro lado, o inchamento é o processo inverso, ou seja, a madeira absorve água.

Por que isso acontece? Lembra que a madeira é formada por fibras? Então, para entendermos melhor, vamos imaginar que as fibras são vários filetes alinhados. Quando a água de impregnação aumenta ou diminui ela provoca a aproximação ou o afastamento das fibras. Note que, podemos aumentar a quantidade de água, que nada acontecerá no tamanho dos filetes. Contudo, estes ficam mais separados.

Assim, na direção paralela as fibras ou na **direção longitudinal**, as variações dimensionais são **mínimas**. Ao passo que, nas direções **perpendiculares** as fibras, as variações são **maiores**. O interessante é que, as variações dimensionais são mais pronunciadas na direção tangencial do que radial. Quanto maior a diferença entre as variações dimensionais nas direções radial e tangencial, maior será a tendência de formação de defeitos de secagem na madeira.



(UFRN 2015) As principais características físicas das madeiras estão relacionadas à umidade. Sobre esse tema, é correto afirmar:

- a) Quando a madeira não contém outra umidade além da água de constituição, diz -se que a madeira está na condição completamente seca;
- b) Se a madeira for mantida aquecida à temperatura de 100-105°C durante certo período de tempo, a umidade relacionada à água de constituição pode ser retirada;
- c) A retratibilidade da madeira pode ser linear ou volumétrica e está associada à perda da umidade relacionada à água de constituição;
- d) A umidade de saturação da madeira está associada à elevação da umidade em 10% em relação à verificada quando só existe água de constituição.

Comentário:



A **letra A está correta**, pois, quando a madeira perde toda a água livre e de impregnação, ela apresentará apenas água de constituição. Como essa água está presente nos compostos químicos, não é possível removê-la sem prejudicar a madeira. Por causa disso, a madeira está na condição completamente seca.

A **letra B está errada**, pois, a água de constituição não pode ser retirada sem prejudicar a madeira. Além disso, ela acontece em temperaturas mais altas.

A **letra C está errada**, pois, a água de constituição não pode ser retirada sem prejudicar a madeira. A água perdida em fornos (100 – 105°C) é a água de impregnação.

A **letra D está errada**, pois, a umidade de saturação acontece quando todos os vazios capilares da madeira estão preenchidos com água. Nesse caso, a umidade é maior do que o PS, ou seja, maior do que 10%.

7.1.7 - Densidade da madeira

A densidade da madeira pode ser dividida em três tipos: densidade real, densidade básica e densidade aparente. A **densidade real** (γ_r) é a relação entre a massa seca sobre o volume real. Nesse caso, não são considerados os vazios presentes no interior da madeira. Porém, a sua determinação não é comum na prática.

$$\gamma_r = \frac{M_s}{V_r}$$

As densidades mais importantes são a básica e a aparente. A **densidade básica** (γ_b) é a relação entre a **massa seca** sobre o **volume saturado**. O volume saturado é obtido multiplicando-se as dimensões do corpo de prova saturado. Para isso, a amostra é imersa em água até apresentar constância de massa. A **densidade aparente** (γ_a) é a relação entre a massa e o volume com umidade predeterminada, geralmente de **12%**. Quanto mais densa for uma madeira, mais resistente ela será, pois a quantidade de fibras por unidade de área também será maior.

$$\gamma_b = \frac{M_s}{V_{sat}}$$

$$\gamma_a = \frac{M_{12}}{V_{12}}$$

7.1.8 - Resistência ao fogo

A primeira vista, podemos imaginar que a madeira é um péssimo material em condições de incêndio. Mas, e se eu falar que ela se comporta melhor do que o aço e o concreto? O problema da madeira é a sua alta inflamabilidade, mas isso pode ser controlado por meio de tratamentos.

Com o aumento da temperatura, a madeira começa a perder água e, conseqüentemente, a resistência mecânica aumenta. Por causa disso, a madeira retarda o colapso da estrutura. Estruturas de



ção e de concreto começariam a se desintegrar nessas condições. Porém, esse aumento de resistência da madeira acontece apenas por um tempo limitado, e posteriormente, a estrutura sofrerá danos.



(IFMS, 2016) A madeira trata-se de um material extremamente versátil na construção civil. Porém alguns cuidados devem ser tomados em sua utilização, principalmente com relação a sua umidade, pois, quando a madeira é cortada, inicia-se uma série de transformações envolvendo aspectos de sua deformação e resistência. Deve-se, então, considerar as formas como a água apresenta-se na madeira: água livre, encontrada nos canais e de embebição ou de capilaridade entre as fibras da madeira; água de adesão, de impregnação, ou higroscópica que satura as paredes das células e água de constituição, fixada à madeira à nível molecular. Em vista do exposto, analise as situações abaixo e, assinale qual é a alternativa correta:

- a) A água de constituição afeta bastante na resistência mecânica e retratibilidade da madeira;
- b) Na situação onde a madeira se encontra com as águas livre e de capilaridade, ocorrem as maiores variações de suas dimensões;
- c) Se exposta ao ar, a madeira verde cortada vai perdendo continuamente a umidade e, ao terminar toda a água livre e de capilaridade, a madeira atinge o seu ponto de saturação (PS). A NBR 7190:1997 adota como referência 20% para o PS;
- d) A anisotropia da madeira não tem influência nas deformações de retração da madeira;
- e) A secagem prévia da madeira, além de permitir a diminuição da densidade da madeira, reduzindo o custo de seu transporte, reduz sua movimentação dimensional, reduz a probabilidade de ataque por fungos e aumenta a resistência e a elasticidade.

Comentário:

A **letra A está errada**, pois, a retratibilidade e a resistência mecânica das madeiras são afetadas pela água de impregnação e não pela água de constituição.

A **letra B está errada**, pois, a responsável pela grande variação dimensional da madeira é a água de impregnação ou água de adesão.

A **letra C está errada**, pois, o ponto de saturação adotado como referência pela NBR 7190:1997 é de 25% e não de 20%.

A **letra D está errada**, pois, as deformações da madeira, sejam elas de retração ou inchamento, são diretamente afetadas pela orientação das fibras.

A **letra E está correta**, pois, a secagem da madeira, diminui a densidade por causa da perda de água e assim o transporte fica mais barato. Além disso, quanto menor a quantidade de água, menor a susceptibilidade ao ataque por cupins e micro-organismos. A secagem prévia reduz a movimentação dimensional e aumenta a resistência mecânica e a elasticidade da madeira.



7.1.9 - Propriedades mecânicas

Para as análises das **propriedades mecânicas** da madeira, são consideradas apenas duas direções ao invés de três. Isso acontece, pois, na prática não é possível fazer distinção entre a direção radial e tangencial em relação ao carregamento. Assim, são consideradas apenas as direções **perpendicular às fibras** (ângulo em relação às fibras - 90°) e **paralela às fibras** (ângulo em relação às fibras - 0°) (Figura 7.2).

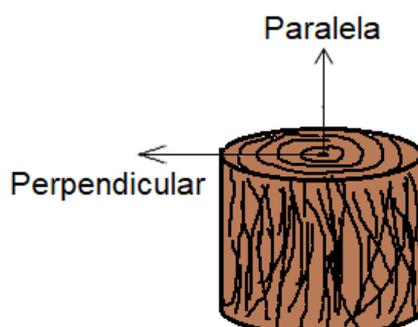
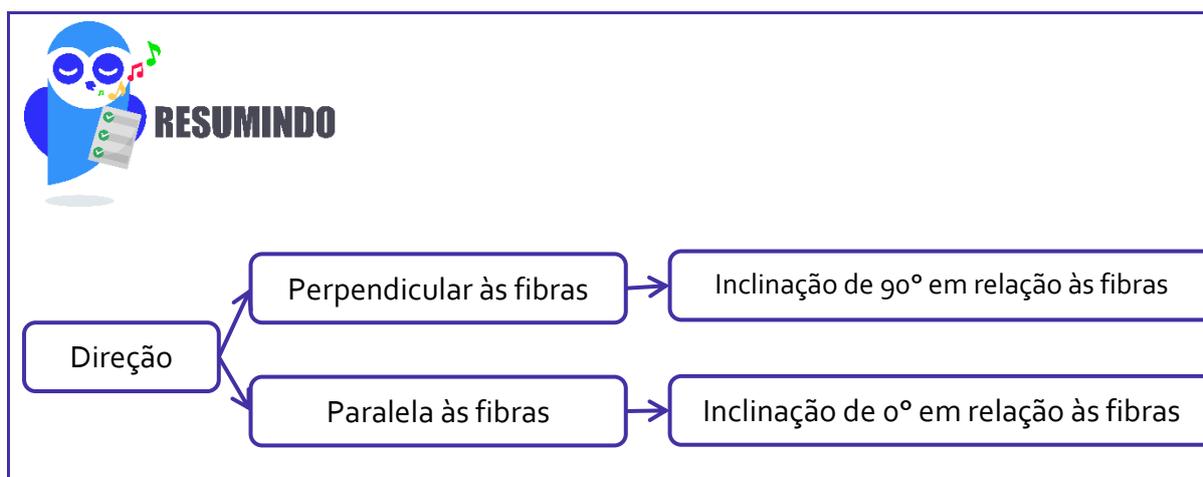
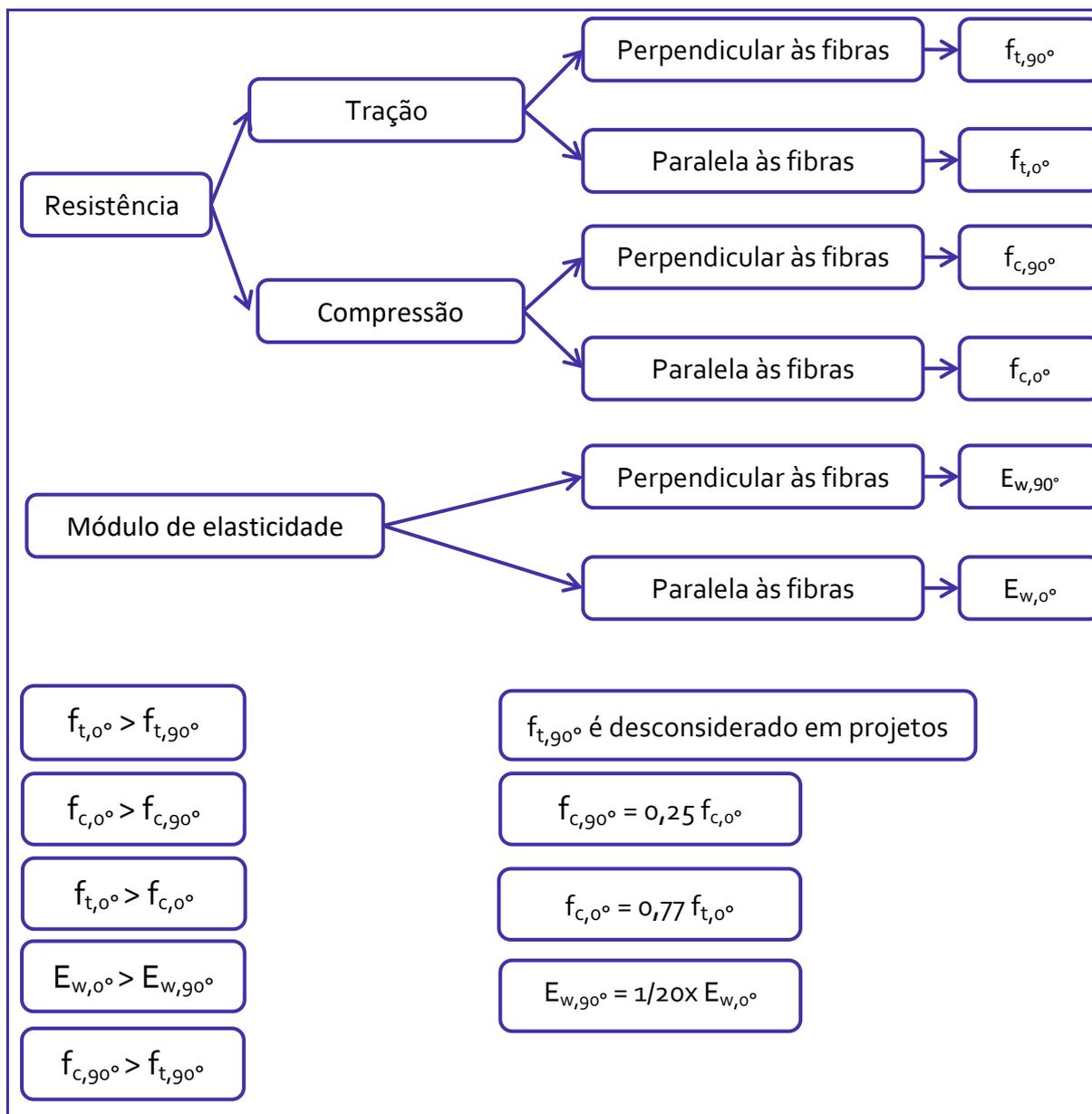


Figura 7.2 – Direção paralela e perpendicular às fibras

A direção paralela às fibras apresenta os valores mais altos de resistência e elasticidade (módulo de elasticidade). Contrariamente, a direção perpendicular possui os menores valores. Inclinações intermediárias apresentarão valores intermediários. No caso de estruturas de madeira, o módulo de elasticidade é determinado apenas no ensaio de compressão e pode ser determinado na direção paralela ($E_{w,0}$) e perpendicular às fibras ($E_{w,90}$).

Os valores de resistência à compressão perpendicular às fibras ($f_{c,90}$) são de aproximadamente $1/4$ do valor na direção paralela ($f_{c,0}$). Por outro lado, a resistência à tração normal às fibras ($f_{t,90}$) é muito baixa e geralmente é desconsiderada nos projetos estruturais. Além disso, a resistência à tração é maior do que a compressão na direção paralela às fibras, ao passo que, a resistência à tração é menor do que a compressão na direção normal às fibras.





(IF/BA, 2016) Sobre a madeira utilizada na construção civil, é correto afirmar que:

- a) apresenta pouca resistência mecânica tanto a esforços de compressão como esforços de tração na flexão.
- b) foi o primeiro material de construção utilizado tanto em colunas como em vigas e vergas, porém foi substituído pelo concreto e não tem mais essa aplicação.



c) tem resistência mecânica elevada, podendo ser superior ao concreto, ao verificar a resistência x peso próprio do material.

d) é pouco resistente a choques e esforços dinâmicos.

e) não é um bom isolante térmico nem acústico.

Comentário:

A **letra A está errada**, pois, a madeira apresenta boa resistência mecânica tanto a esforços de compressão como esforços de tração na flexão. Porém, a madeira não é muito resistente à tração perpendicular às fibras.

A **letra B está errada**, pois, a madeira apresenta várias aplicações, inclusive estrutural.

A **letra C está correta**, pois, a madeira é um material leve e muito resistente. Dependendo da madeira, apresenta resistência maior do que a resistência do concreto.

A **letra D está errada**, pois, a madeira é resistente a choques e esforços dinâmicos.

A **letra E está errada**, pois, a madeira é um bom isolante térmico e acústico.

7.2 - Produtos derivados da madeira

As vantagens dos produtos derivado da madeira são: melhor homogeneidade, possibilidade de construção de chapas e placas com dimensões variáveis, isotropia e maior possibilidade de tratamentos. As madeiras transformadas (laminadas e compensadas) e recompostas são exemplos de produtos derivado da madeira.

A **madeira laminada colada** é composta por finas lâminas de madeiras que são coladas todas com a mesma orientação. As **madeiras compensadas** são madeiras laminadas coladas, porém, as lâminas são coladas com ângulo de **90° entre cada camada**. O número de lâminas geralmente é ímpar, permitindo simetria em relação ao plano central e por isso são estruturalmente balanceadas. Como vantagem, tem-se a obtenção de chapas uniformes, com redução do risco de empenamento e melhor aproveitamento da madeira, porém, são mais caras.

As **madeiras recompostas** são aquelas madeiras que utilizam pequenas partículas que serão moldadas em placas. O MDF é um exemplo de madeira recomposta. Apresentam como vantagem melhor homogeneidade é isotropia, além de baixo peso. Contudo, não são muito resistentes e não podem entrar em contato prolongado com água. Além dessas madeiras, as madeira aglomeradas, OBS e MDP são exemplos de produtos derivados da madeira.



8 - PRODUTOS À BASE DE CERÂMICA

As cerâmicas são materiais que apresentam alta estabilidade térmica, boa resistência à compressão, baixa condutividade térmica e são frágeis. São obtidas por meio da queima controlada de produtos à base de argila.

Um dos critérios mais tradicionais para a classificação das cerâmicas é a cor da massa após a queima. Assim, as **cerâmicas** são classificadas em **brancas** e **vermelhas**. As cerâmicas vermelhas apresentam a coloração avermelhada após a queima, por causa da grande quantidade de óxido de ferro em sua composição química. São utilizadas para a confecção de tijolos, blocos e telhas. As cerâmicas brancas são utilizadas em louças sanitárias e são compostas por pó de argilas brancas (caulim quase puro).

As cerâmicas vermelhas podem ser **produzidas** por meio de **extrusão** ou **prensagem**. A extrusão é muito utilizada para a fabricação de blocos vazados, ao passo que, a prensagem é empregada para a produção de tijolos cerâmicos e telhas. Além disso, para o processo de extrusão são necessárias argilas mais plásticas, ou seja, com teor de umidade maior.

Para a produção das cerâmicas vermelhas, primeiramente a matéria-prima é misturada e homogeneizada com água. Posteriormente, as peças são conformadas e submetidas à **secagem** que pode ser realizada em fornos ou ao sol.

Após a secagem, é realizada a **queima** (900°C e 1100°C), processo onde acontecem as reações físico-químicas responsáveis pela formação do produto final. Cuidado especial é necessário durante a etapa de queima, pois isso pode afetar as propriedades mecânicas e as dimensões. Temperaturas mais altas tendem a produzir cerâmica mais resistente, porém a retração é maior.

Os **tijolos** são unidades de alvenaria maciças, ao passo que, os **blocos cerâmicos** apresentam furos paralelos a uma de suas faces. Há também o **tijolo laminado** (21 furos), material produzido por extrusão, possui elevada resistência e é utilizado para a execução de alvenarias aparentes. Os blocos podem ter função estrutural ou não. Nesse caso, a **resistência à compressão** deve ser maior do que **1,5 MPa** - para os blocos de vedação - e de **3,0 MPa** para os blocos estruturais. Além disso, a absorção de água deverá estar entre 8% e 25%¹³.

Os **tijolos refratários** são feitos com argilas ricas em caulinitas e são resistentes em temperaturas elevadas. Eles são utilizados para a confecção de fornos e churrasqueiras. Os cuidados com a matéria-prima, nesse caso, são mais severos e a presença de areia e quartzo compromete a qualidade final dos tijolos. As **telhas cerâmicas** são produzidas por prensagem e devem apresentar baixa permeabilidade, reticidade, planaridade e tolerância dimensional.

As **cerâmicas brancas** são utilizadas nas louças sanitárias e são compostas por pó de argilas brancas (caulim quase puro). Geralmente as louças sanitárias são produzidas por **colagem de barbotina**

¹³ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR-15270:2005 – Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos



que é um processo simples e barato e consiste na aplicação de uma suspensão de argila no molde absorvente. Assim, a água é absorvida e uma camada de argila é formada no molde. Após a espessura desejada, é retirado o restante da solução e são realizadas as etapas de secagem e queima (1300°C).

As placas cerâmicas são utilizadas para revestimento de paredes e pisos. De acordo com a absorção de água, elas podem ser classificadas em porosas ($a > 10\%$), semiporosa ($6\% < a < 10\%$), semigrês ($3\% < a < 6\%$), grês ($0,5\% < a < 3\%$) e porcelanato ($a < 0,5\%$).



(IFNMG, 2014) As cerâmicas são obtidas a partir de uma massa à base de argila, submetida a um processo de secagem lenta e, após a retirada de grande parte da água, é cozida em temperatura elevada. Em relação às cerâmicas, é INCORRETO afirmar que:

- a) um dos critérios mais tradicionais para a classificação das cerâmicas é a cor da massa, que pode ser branca ou vermelha;
- b) as cerâmicas vermelhas são provenientes de argilas sedimentares, com altos teores de compostos de ferro, responsáveis pela cor avermelhada após a queima;
- c) o grês cerâmico é utilizado para a fabricação de louças sanitárias;
- d) os artigos de louça sanitária são fabricados com uma pasta composta por pó de argilas brancas (caulim quase puro) dosadas com exatidão e têm a superfície normalmente vidrada.

Comentário:

A **letra A está correta**, pois, o critério mais tradicional para a classificação das cerâmicas é a cor que elas adquirem após a queima. Essa cor pode ser branca ou vermelha.

A **letra B está correta**, pois, a coloração vermelha é obtida pela presença de compostos ricos em ferro.

A **letra C está incorreta**, pois, o grês cerâmico é uma cerâmica utilizada para revestimentos e apresenta teor de absorção de água entre 0,5% e 3%. Assim, as louças sanitárias são produzidas com cerâmica brancas e não com o grês cerâmico.

A **letra D está correta**, pois, as louças sanitárias são formadas por argila branca, composta por grande quantidade de caulim. Além disso, após o processamento, adquirem superfície vidrada.



9 - VIDROS

A definição de **vidro** é um pouquinho complexa. Esses materiais são **inorgânicos, homogêneos** e obtidos por meio do resfriamento da matéria-prima. O vidro é um material amorfo e endurece sem sofrer cristalização. Geralmente, as **propriedades ópticas** são as mais importantes para a sua utilização. A grande maioria dos vidros transmite luz e por isso são transparentes. Vidros translúcidos transmitem a luz com vários graus de difusão, de modo a não permitir visão nítida. Por outro lado, os opacos refletem ou absorvem a luz.

Na construção civil, é comum a utilização dos vidros **sodo-cálcico**. Esse tipo de vidro é formado por **sílica** (agente vitrificante), **soda** (agente fundente) e **estabilizantes**. Eles podem ser utilizados em janelas ou para a confecção de recipientes e são encontrados como transparentes, incolores ou coloridos e geralmente são produzidos pelo método float. Nesse tipo de processamento, a matéria-prima, líquida é vertida sobre uma base de estanho líquido e em atmosfera controlada. O vidro flutua sobre o estanho e forma um produto com faces planas e paralelas.

Os **vidros temperados** são obtidos por meio de um tratamento térmico (têmpera) para a obtenção de **melhores propriedades mecânicas**. São considerados como vidros de segurança, pois quando eles quebram não formam partículas cortantes. O tratamento térmico consiste em aquecer o vidro em temperaturas altas (700°C) e depois realizar um resfriamento rápido. Com isso, são induzidas tensões de compressão na superfície e tensões de tração no interior. Embora eles sejam mais resistentes, eles não suportam impactos, pois são pouco tenazes.

Os **vidros laminados** são formados por camadas poliméricas recobertas por duas ou mais lâminas de vidro. O polímero confere resistência ao vidro e quando este é rompido, os fragmentos são retidos. Dependendo da espessura, eles podem ser resistentes a armas de fogo. São indicados em aplicações como barreiras físicas (vitrines, parapeitos, fachadas), piscinas, em automóveis, etc.

Os **vidros aramados** também são vidros de segurança, porém, são menos resistentes do que os temperados. Apresentam uma malha metálica que não deixa o vidro se estilhaçar. São produzidos por fundição e laminação. Os **vidros metalizados** são formados pela deposição de uma camada de óxidos metálicos em sua superfície. Os vidros metalizados apresentarão coloração específica e brilhante. Os **vidros fantasias** apresentam impressões e desenhos e podem ser translúcidos.



(IF/BA, 2016) Sobre os vidros, é correto afirmar que:

- a) o vidro laminado desintegra-se em pequenos pedaços menos cortantes que o vidro recozido;
- b) o vidro temperado é composto por várias chapas de vidro, unidas por películas aderentes;



- c) o vidro opaco transmite a luz em vários graus de difusão, de modo a não permitir visão nítida;
- d) o vidro laminado é indicado para utilização em automóveis, fachadas de edifícios, caixas de escadas, vitrines, entre outros;
- e) o vidro temperado é indicado para utilização em automóveis, fachadas de edifícios, caixas de escadas, vitrines, entre outros.

Comentário:

A **letra A está errada**, pois, o vidro que se desintegra em pequenos pedaços menos cortantes é o vidro temperado.

A **letra B está errada**, pois, o vidro laminado é composto por várias chapas de vidro, unidas por películas aderentes.

A **letra C está errada**, pois, o vidro translúcido transmite a luz em vários graus de difusão, de modo a não permitir visão nítida;

A **letra D está correta**, pois, o vidro laminado é indicado para barreiras físicas.

A **letra E está errada**, pois, é o vidro laminado que é indicado para utilização em automóveis, fachadas de edifícios, caixas de escadas, vitrines, entre outros.



10 - TINTAS

As tintas são produtos poliméricos que apresentam função de proteção do substrato e conferem acabamento estético. As tintas deixam uma **película sólida**, aderida na superfície aplicada e o endurecimento acontece por polimerização ou secagem. As tintas são compostas por veículo, solvente, pigmento e aditivos.

10.1 - Materiais

O **veículo** (resina) é o responsável pela **formação da película sólida**, pela resistência mecânica, elasticidade e aderência ao substrato. Além disso, deve apresentar resistência à radiação solar (principalmente à luz UV), a poluentes e resistência em ambientes alcalinos (argamassas e concretos). Porém, a resina não pode formar uma película muito rígida, para ser possível o suporte das deformações do sistema, evitando as fissuras. O veículo mantém unidas às partículas de pigmentos e as tintas de melhores qualidades apresentam maior quantidade de resina.

Os **pigmentos** são partículas sólidas, muito pequenas, insolúveis e que são utilizados para dar cor e capacidade de cobertura à tinta. O dióxido de titânio é o pigmento branco mais utilizado e possui alto poder de cobertura. Além da função de dar cor, os pigmentos podem ser utilizados para melhorar a resistência à abrasão, conferir propriedades de proteção, funcionar como material de enchimento, etc. O zarcão é um tipo de pigmento utilizado para conferir proteção ao aço.

Quanto maior a fração volumétrica de pigmento (PVC), mais fosca a tinta será. Assim, tintas alto brilho são obtidas com pequenos PVC. Além disso, as tintas semibrilho são mais resistentes à umidade e ao intemperismo do que as tintas com alto-brilho.

Os **aditivos** são materiais adicionados em **pequenas quantidades** e que conferem melhores propriedades às tintas. Assim, os aditivos podem ser biocidas, dispersantes, secantes, antibolhas, antinatas, etc. Os **solventes** são utilizados para dissolver os veículos, facilitar a dispersão dos pigmentos, facilitar a fluidez e melhorar a trabalhabilidade. Não fazem parte da pintura, uma vez que, eles evaporam. As tintas imobiliárias podem ser classificadas em látex (à base de água) e esmaltes sintéticos.

10.2 - Tintas látex e esmalte sintético

As **tintas à base de água** apresentam a vantagem de utilizar a **água como o dispersante** das tintas. A água é menos volátil que os solventes orgânicos, não é tóxica, não é inflamável e é barata. Essas tintas podem apresentar acabamento semibrilho, acetinado e fosco e são mais permeáveis do que os esmaltes. As tintas látex podem ser de dois tipos: à base de PVA e resina acrílica.

As tintas à base de **PVA** são adequadas para aplicações em ambientes internos e ela seca rapidamente. Porém, não é adequada para ambientes externos e com muita umidade. As tintas **acrílicas** apresentam propriedades melhores do que as PVAs, mas são mais caras. As tintas acrílicas apresentam impermeabilidade maior do que as PVAs e podem ser utilizadas em ambientes externos, áreas úmidas, como sinalização horizontal em ruas, estradas e pistas de pouso.



As vantagens dos esmaltes sintéticos são: melhor cobertura, melhor aderência na superfície, maior tempo de abertura e melhor resistência mecânica. Contudo, eles tendem a ficar amareladas com o tempo e a se fissurarem quando expostos em ambientes externos. Além disso, são mais difíceis de serem aplicados e não devem ser utilizados em ambientes alcalinos, como o concreto, e nem sobre metais galvanizadas, pois, pode acontecer saponificação. As tintas a óleo são indicadas para pinturas de metais e madeiras.



(UFPR, 2018) Sobre as tintas imobiliárias, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

- () As tintas imobiliárias são formuladas principalmente com polímeros de acetato de polivinila (PVA) e com resinas acrílicas.
- () A água é um dispersante para tintas, bem menos volátil do que os solventes orgânicos comuns, não é tóxica, não é inflamável, é abundante na natureza e seu custo é baixo.
- () Um obstáculo ao uso da água como dispersante de tintas é que ela precisa ser de alta pureza, sendo destilada ou deionizada.
- () As tintas alquídicas (ou esmaltes sintéticos) são apropriadas para pinturas em bases de concreto novo e argamassas à base de cal, resultando em acabamento e durabilidade adequados.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

F – V – V – V;

V – F – V – F;

F – V – F – F;

V – F – V – V;

V – V – F – F.

Comentário:

A primeira afirmativa é **verdadeira**, uma vez que, as tintas imobiliárias são principalmente as PVA e acrílicas.

A segunda afirmativa é **verdadeira**, pois a água é menos volátil do que os solventes orgânicos comuns, não é tóxica, não é inflamável, é abundante na natureza e seu custo é baixo.



A terceira afirmativa é **falsa**, pois, não é necessária a utilização de água destilada e deionizada como dispersante de tintas. A água precisa ser potável.

A quarta afirmativa é **falsa**, pois, os esmaltes sintéticos não são apropriados para bases alcalinas (concreto) e nem em argamassas à base de cal.

Assim, a sequência é V, V, F, F e a **letra E é a correta**.

10.3 - Propriedades e aplicações

As propriedades mais importantes das tintas são: estabilidade, durabilidade, rendimento, pintabilidade, nivelamento, poder de cobertura e secagem. A **estabilidade** é a propriedade da tinta em manter sua homogeneidade durante o armazenamento, ou seja, sem a formação de incrustações, natas e pelotas. O **rendimento** é a relação entre a superfície pintada sobre a quantidade de tinta utilizada.

A **pintabilidade** é um sinônimo de trabalhabilidade. Assim, as tintas devem se espalhar com facilidade. Outra propriedade das tintas é o **nivelamento**, ou seja, a tendência da tinta em formar uma camada uniforme sem marcas de pincel ou de rolo. O **poder de cobertura** está relacionado com a capacidade da tinta em recobrir a superfície.

Os métodos convencionais utilizados para aplicação da tinta são com rolos, pincéis, trinchas e pistolas. Embora a produtividade seja maior com a pistola, o desperdício de tinta também é maior. O **fundo** é o material utilizado **na primeira demão** sobre o substrato e funciona como um ponto de ligação entre o substrato e a tinta de acabamento. Esse fundo pode ser **selador**, primer e fundo preparador. O primeiro é aplicado em camadas porosas e absorventes, como as alvenarias. O **primer** é uma pintura anticorrosiva aplicada sobre metais e madeiras, ao passo que, o **fundo** preparador prepara a superfície, promovendo a coesão das partículas soltas.



(UFPE, 2017) As tintas são produtos que, quando aplicados sobre um substrato se convertem em película sólida, com a finalidade decorativa e de proteção do substrato, e são compostas pelos seguintes materiais: veículo, pigmentos, solventes e:

- a) aditivos;
- b) selador;
- c) thinner;
- d) voláteis;



e) soluções.

Comentário:

A letra A está **correta**, pois, as tintas são formadas por veículo, pigmentos, solventes e aditivos.

A letra B está **errada**, pois, o selador é um fundo preparador e não um constituinte da tinta.

A letra C está **errada**, pois, o thinner é um tipo de solvente.

A letra D está **errada**, pois os voláteis são os compostos presentes nos solventes.

A letra E está **errada**, pois as soluções são formadas por misturas homogêneas. Curiosidade: as tintas são dispersões e não soluções.



11 - QUESTÕES COMENTADAS

1. (Pref. Petrolina/PE - 2019) As misturas íntimas de um ou mais aglomerantes com agregados miúdos e água são denominadas:

- a) pasta;
- b) nata;
- c) argamassa;
- d) concreto;
- e) concreto magro.

Comentário:

A **letra A: errada**. Pastas de cimento são formadas pela mistura de cimento e água.

A **letra B está errada**. A nata é formada por um excesso de água nas pastas.

A **letra C está correta**. As argamassas são formadas por cimento, água e agregado miúdo.

A **letra D está errada**. O concreto é formado pela mistura de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água.

A **letra E está errada**. O concreto magro é um tipo de concreto e assim apresenta os mesmos materiais do concreto convencional.

2. (Pref. Cuiabá/MT – 2015) Relacione os principais constituintes do clínquer Portland listados a seguir às respectivas influências nas características do cimento.

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. Alita | () Responsável pela pega do cimento (componente mais reativo do clínquer). |
| 2. Belita | () Importante na resistência química do cimento, em especial ao ataque de sulfatos às estruturas de concreto |
| 3. Aluminato tricálcico | () importante na resistência mecânica do cimento às primeiras idades. |
| 4. Ferroaluminato tetracálcio | () Importante na resistência mecânica do cimento à idades avançadas. |

Assinale a opção que indica a relação correta, de cima para baixo.



- a) 3 – 4 – 1 – 2;
- b) 4 – 1 – 2 – 3;
- c) 1 – 2 – 3 – 4;
- d) 2 – 4 – 1 – 3;
- e) 2 – 4 – 3 – 1.

Comentário:

A **alita** é responsável pela resistência mecânica nas primeiras idades.

A **belita** é responsável pela resistência mecânica em idades avançadas.

O **aluminato tricálcico** é o composto mais reativo do clínquer.

O **ferroaluminato tetracálcico** proporciona resistência química, principalmente ao ataque por sulfatos.

Assim, a sequência é 3, 4, 1 e 2. A **letra A está correta**.

3. (Prefeitura de Sonora/MS, 2018) Cimento Portland – trata-se de um aglomerante hidráulico empregado em grande escala no setor da construção civil. No que diz respeito aos tipos usuais de cimento Portland, marque a alternativa que apresenta o tipo de cimento que possui em sua composição uma grande quantidade de material pozolânico.

- a) CP II F.
- b) CP II E.
- c) CP III.
- d) CP IV.

Comentário:

A **letra A está errada**. O cimento CP II F apresenta adição de fíler calcário.

A **letra B está errada**. O cimento CP II E apresenta adição de escória granulada de alto-forno.

A **letra C está errada**. O cimento CP III pode apresentar até 70% de adição de escória.

A **letra D está correta**. O cimento CP IV apresenta adição de materiais pozolânicos.

4. (UNIFESSPA, 2016) O gesso é um aglomerante simples obtido pela calcinação da gipsita natural. Sobre este material de construção, é correto afirmar:

- a) possui resistência à compressão superior a 20 MPa;
- b) Apresenta boa aderência a superfícies de madeira;
- c) Atinge sua resistência máxima 5 dias após o início pega;



- d) Não apresenta propriedade de impermeabilidade do ar;
- e) Apresenta boa aderência ao ferro.

Comentário:

A **letra A está errada**. A resistência à compressão do gesso não é tão elevada. A resistência mecânica à compressão superior a 20 MPa e encontrada nos materiais cimentícios.

A **letra B está errada**. O gesso apresenta boa aderência em superfícies de tijolos, argamassas, pedras e aço, mas não apresenta boa aderência com a madeira.

A **letra C está errada**. O gesso apresenta tempo de início de pega muito rápido, mas, por causa do processo de hidratação o gesso continua ganhando resistência mecânica durante semanas.

A **letra D está errada**. O gesso é um material que é utilizado como isolante térmico, acústico e impermeabilidade do ar.

A **letra E está correta**. O gesso apresenta boa aderência a superfícies de ferro.

5. (Prefeitura de Acaraú/CE, 2019) A gipsita, também conhecida como pedra de gesso, é muito usada na Construção Civil. Leia as alternativas a seguir em relação a essa afirmativa e marque a INCORRETA.

- a) Isolante térmico.
- b) Isolante acústico.
- c) Impermeabilizante.
- d) Componente que retardar a pega do cimento.
- e) Revestimento de tetos e sancas.

Comentário:

A **letra A está correta**. O gesso é utilizado como isolante térmico.

A **letra B está correta**. O gesso é utilizado como isolante acústico.

A **letra C está errada**. O gesso é um aglomerante aéreo e por causa disso não suporta a umidade por longos períodos.

A **letra D está correta**. O gesso é adicionado ao cimento para controlar a hidratação do C_3A .

A **letra E está correta**. O gesso é muito utilizado como material de revestimento.

6. (Pref. Salvador/BA – 2017) Um fornecedor entregou na obra um volume de 20 m³ de areia. Ensaio realizado com o material indicaram massa unitária do material seco de 1500 kg/m³, inchamento médio de 25 % e umidade crítica de 5,0 %. Admitindo-se que toda a areia entregue na



obra se encontra com umidade aproximadamente igual à crítica, a massa de areia seca disponível é, aproximadamente, de

- a) 24.000 kg;
- b) 26.600 kg;
- c) 28.500 kg;
- d) 32.400 kg;
- e) 36.000 kg.

Comentário:

O volume de areia recebido no canteiro de obras foi de 20 m^3 . Esse volume apresenta inchamento de 25%. Para calcularmos o volume de areia, basta retirar o inchamento.

$20 \text{ m}^3 \text{ --- } 1,25$ (volume com inchamento)

$X \text{ m}^3 \text{ ---- } 1,0$ (volume da areia sem o inchamento)

Por regra de três, o valor de x é **16 m^3** .

Como a massa unitária é 1500 kg/m^3 , basta multiplicar a massa unitária pelo volume da areia para determinarmos a massa de areia. Lembre que massa unitária é a massa sobre volume. Assim: $16 \times 1500 = \mathbf{24000 \text{ kg}}$.

Assim, a **letra A está correta**.

7. (Prefeitura de Seberi/RS, 2019) A respeito da caracterização dos agregados utilizados na construção civil, assinale a alternativa INCORRETA

- a) A formação mineralógica dos agregados utilizados na construção civil é dividida em três grupos de rochas, a saber: ígneas, sedimentares e metamórficas, sendo basalto, arenito e mármore exemplos destas formações, respectivamente.
- b) O estudo da distribuição de tamanhos dos grãos de um agregado é chamado de análise granulométrica, cujo resultado origina a curva granulométrica do material.
- c) Diz-se que o material tem granulometria contínua quando sua maior parte pertence a apenas uma fração granulométrica.
- d) Segundo as normas brasileiras, os agregados miúdos para uso da produção de concreto são aqueles passantes na peneira de $4,75 \text{ mm}$ e retidos na peneira $0,150 \text{ mm}$.
- e) O módulo de finura do agregado corresponde à soma das porcentagens retidas acumuladas das peneiras da série normal dividida por 100. Sabe-se que quanto mais grosso o material, maior o módulo de finura.



Comentário:

A **letra A está correta**. As rochas são divididas em três grandes grupos: ígneas (granito e basalto), metamórficas (arenito) e sedimentares (mármore).

A **letra B está correta**. A separação das partículas de um material, em várias faixas de tamanhos diferentes, é conhecida como distribuição granulométrica. A curva granulométrica é plotada com os dados da distribuição granulométrica.

A **letra C está errada**. Diz-se que o material tem granulometria **uniforme** quando sua maior parte pertence a apenas uma fração granulométrica.

A **letra D está correta**. Os agregados miúdos são aqueles que apresentam tamanho de grãos na faixa granulométrica de 150 µm (0,15 mm) a 4,75 mm

A **letra E está correta**. O módulo de finura corresponde à soma das porcentagens retidas acumuladas, nas peneiras de série normal, dividida por 100. Quanto maior for o módulo de finura, maiores serão os grãos do agregado miúdo.

8. (IF-SP, 2019) A tabela abaixo apresenta os resultados do ensaio de granulometria de uma areia utilizada para produção de concreto em uma obra. Com base nos dados apresentados, o valor aproximado do módulo de finura desta areia vale:

Peneira (mm)	% retido acumulado
4,8	0,46
2,4	5,62
1,2	18,08
0,6	64,83
0,3	86,0
0,15	97,84

- a) 2,58
- b) 2,73
- c) 2,85
- d) 2,43

Comentário:

O módulo de finura corresponde a soma das porcentagens retidas acumuladas (peneiras série normal) dividida por 100.

Assim:

$$MF = \frac{0,46 + 5,62 + 18,08 + 64,83 + 86 + 97,84}{100}$$

$$MF = 2,73$$



Assim, a **letra B está correta**.

9. (Pref. Sobral/CE – 2018) Os agregados para o concreto massa devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos. Não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação, o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade, ou o aspecto visual externo do concreto. A NBR 7211/2009 estabelece os limites máximos em porcentagem da quantidade de substâncias nocivas em relação à massa do material do agregado miúdo. Assim, assinale a opção cuja porcentagem de substância nociva apresentada está de acordo com o valor estabelecido nessa norma.

- a) Torrões de argilas e materiais friáveis – 6,0%.
- b) Materiais carbonosos para concreto aparente – 2,5%.
- c) Materiais carbonosos para concreto não aparente – 1,0%.
- d) Material fino que passa na peneira 75µm, pulverulento – concretos protegidos do desgaste superficial – 15,0%.

Comentário:

A **letra A está errada**. A quantidade máxima de torrões de argilas e materiais friáveis é de 3,0%.

A **letra B está errada**. A quantidade máxima de materiais carbonosos para o concreto aparente é de 0,5%.

A **letra C está correta**. A quantidade máxima de materiais carbonosos para o concreto não aparente é de até 1,0%.

A **letra D está errada**. A quantidade máxima de finos para o concreto protegido do desgaste superficial é de 5%.

10. (Pref. São Gonçalo/RJ, 2016) O fator determinante para se classificar um aço como “doce” é ele apresentar:

- a) baixa ductilidade.
- b) alta taxa de quebra.
- c) baixo teor de carbono.
- d) coloração avermelhada.
- e) elevada dureza.

Comentário:

A **letra A está errada**. Materiais que apresentam baixa ductilidade são conhecidos como frágeis.

A **letra B está errada**. Os aços doces são dúcteis e por causa disso, eles podem ser deformados sem se quebrarem.



A **letra C está correta**. Os aços doces são ligas de aço com baixo teor de carbono.

A **letra D está errada**. O óxido de ferro apresenta coloração avermelhada.

A **letra E está errada**. Os aços doces são macios em comparação aos aços de alto teor de carbono.

11. (Pref. Petrolina/PE - 2019) Em uma peça de aço sob efeito de tensões de tração ou compressão, a relação entre os valores da tensão e da deformação linear específica, na fase elástica é o:

- a) patamar de escoamento;
- b) módulo de elasticidade;
- c) encruamento;
- d) resistência de escoamento;
- e) resistência de ruptura.

Comentário:

A **letra A está errada**. O patamar de escoamento é o aumento da deformação plástica para um dado valor de carga.

A **letra B está correta**. O módulo de elasticidade é a inclinação da reta tensão x deformação no regime elástico.

A **letra C está errada**. O encruamento é o aumento de resistência mecânica por causa da deformação plástica.

A **letra D está errada**. Resistência ao escoamento é a tensão em que começa a surgir deformação permanente.

A **letra E está errada**. A resistência à ruptura é a tensão do material quando este sofre fratura.

12. (UFRN – 2015) O aço é um dos metais mais utilizados no mundo, sendo o teor de carbono da sua composição química o elemento preponderante dentre suas propriedades físicas e mecânicas. No caso particular do aço utilizado nas estruturas de concreto armado, esse teor atinge o valor máximo aproximado de:

- a) 3,2%;
- b) 2,1%;
- c) 2,7%;
- d) 3,0%.

Comentário:

O aço apresenta teor de carbono de até 2,1%. Então, a **letra B está correta**.



13. (IF/BA, 2016) As categorias dos aços utilizados em estruturas de concreto armado são: CA-25, CA-50 e CA-60. Assinale a alternativa que apresenta a diferença entre eles.

- a) A área da seção transversal das barras;
- b) O valor do comprimento de deformação.
- c) A presença de nervuras.
- d) O valor do diâmetro nominal.
- e) O valor característico da resistência de escoamento.

Comentário:

A diferença entre os aços CA-25, CA-50 e CA-60 é o valor característico da resistência ao escoamento. Assim, a **letra E está correta**.

14. (UFRJ – 2015) De acordo com a terminologia utilizada em revestimentos de alvenaria, as camadas são definidas de acordo com a ordem de aplicação. São elas, respectivamente:

- a) chapisco, reboco e emboço;
- b) chapisco, emboço e reboco.
- c) emboço, reboco e cal fino.
- d) reboco, emboço e cal fino.
- e) reboco, chapisco e cal fino.

Comentário:

A sequência das camadas de um revestimento sobre as alvenarias são sempre: chapisco, emboço e reboco. Por causa disso, a **letra B está correta**.

15. (IF-TO, 2019) Acerca das propriedades das argamassas, é correto afirmar:

- a) Areias mais grossas produzem argamassas com maior extensão de aderência quando aplicadas ao substrato.
- b) A adesão inicial, propriedade diretamente relacionada à tensão superficial da pasta ou argamassa, é função direta do teor de cimento da mesma.
- c) Argamassas muito ricas em cimento sofrem menos influência dos fenômenos de retração.
- d) O potencial de retração da argamassa sofre influência da granulometria da areia, sendo maior a retração no agregado de granulometria contínua.
- e) A retenção de água da argamassa tem relação direta com diversas propriedades no estado endurecido, como aderência, resistência mecânica final e durabilidade.

Comentário:

A **letra A está errada**. As areias grossas comprometem a extensão de aderência das argamassas.



A **letra B está errada**. A adesão inicial das argamassas depende da tensão superficial da argamassa. Quanto menor a tensão superficial, maior será a área de contato entre o substrato e a argamassa. Nesse caso, a adesão é melhorada. A adesão é uma função inversa da quantidade de cimento.

A **letra C está errada**. As argamassas muito ricas em cimento apresentam alta retração.

A **letra D está errada**. Granulometria contínua proporciona menor retração das argamassas.

A **letra E está correta**. A retenção de água da argamassa tem relação direta com diversas propriedades no estado endurecido, como aderência, resistência mecânica final e durabilidade.

16. (Pref. Bom Despacho/SP - 2015) Sobre o uso do Concreto Armado, assinale 'V' para Vantagens e 'D' para Desvantagens.

() Economia; () Grande peso-próprio; () Durabilidade; () Reforma e demolições difíceis ou até impossíveis; () Adaptação a qualquer tipo de fôrma; () Baixo grau de proteção térmica; () Manutenção e conservação praticamente nulas; () Resistência ao fogo; () Impermeabilidade; () Monolitismo.

Marque a sequência correta:

a) V, D, V, D, V, D, V, V, V, V;

b) V, V, V, D, V, D, V, V, V, D;

c) V, D, V, D, V, D, V, V, V, D;

d) V, D, V, D, V, V, V, V, V, V.

Comentário:

O concreto armado apresenta como vantagens: economia, durabilidade, adaptação a qualquer tipo de fôrma, manutenção e conservação nulas, resistência ao fogo, impermeabilidade e monolitismo.

O concreto armado apresenta como desvantagens: grande peso-próprio, reforma e demolição são difíceis e baixo grau de proteção térmica.

Assim, a sequência é: V, D, V, D, V, D, V, V, V, V. A **letra A está correta**.

17. (Prefeitura de Acaraú/CE, 2019) O concreto é basicamente uma mistura de cimento, água e agregados. Sobre o concreto enquanto material de construção, analise as afirmativas a seguir.

I. O cimento age como aglomerante que une os agregados.

II. O uso de agregados permite uma maior economia do concreto produzido, bem como garante uma menor retração na cura, evitando fissuras prematuras indesejadas.



III. O concreto simples possui uma baixa resistência à tração e alta à compressão, sendo ideal para uso em pilares e vigas longas sem necessidade de outro material.

Marque a opção que indica a(s) afirmativa(s) CORRETA(S).

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

Comentário:

A **afirmativa I está correta**. O cimento Portland é o aglomerante do concreto e ele é responsável por aglutinar os agregados.

A **afirmativa II está correta**. Os agregados são mais baratos do que o cimento Portland e evita a retração da pasta de cimento.

A **afirmativa III está errada**. O concreto é um material resistente a compressão, mas muito pouco resistente com esforços de tração. Para contornar essa situação, é adicionado aço no concreto.

Assim, as afirmativas I e II estão corretas e **a letra C está correta**.

18. (Pref. São Gonçalo – 2016) O traço cimento/areia/brita de uma mistura de concreto, em peso, vale 1:3:4, e seu fator água-cimento é de 0,4, também em peso. Sabendo-se que uma amostra dessa mistura contém 2 kg de brita, e que a densidade da água é de 1 g/cm³, o volume de água nessa amostra vale:

- a) 50 ml;
- b) 100 ml;
- c) 200 ml;
- d) 400 ml;
- e) 800 ml.

Comentário:

O traço é de 1:3:4 (cimento/areia/brita) em peso.

Relação cimento/brita é $c/b = 1/4$

Se o concreto apresenta 2 kg de brita, a quantidade de cimento será:

$$\frac{1}{4} = \frac{c}{2 \text{ kg de brita}}$$



$$c = 0,5 \text{ kg}$$

Assim, a quantidade de cimento será de 0,5 kg. Sabemos que a relação água cimento é 0,4, assim:

$$0,4 = \frac{\text{água}}{0,5 \text{ kg de cimento}}$$

A massa de água é de 0,2 kg ou 200 g.

Vamos transformar para a massa de água em volume. Sabemos que a densidade é a razão entre massa e volume:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \therefore \quad 1 = \frac{200}{V} \quad \therefore \quad V = 200 \text{ ml}$$

Assim, a **letra C é a correta**.

19. (Pref. Marilândia/ES – 2016) "A matéria-prima da fabricação é a argila, misturada com um pouco de terra arenosa. A argila, depois de selecionada, é misturada com um pouco de água até formar uma pasta. Dessa pasta, uns tijolos são moldados em fôrmas, e colocados a secar ao sol – nesse estado são chamados adobes – e são cozidos em fornos com a temperatura entre 900°C e 1.100°C. Os tijolos mais próximos do forno adquirem uma resistência maior do que os mais afastados. A cor varia com a qualidade da argila utilizada." Trata-se de:

- a) Tijolo comum;
- b) Tijolo laminado;
- c) Tijolo refratário;
- d) Bloco de concreto.

Comentário:

A **letra A está correta**. O procedimento descrito acima é característico da produção do tijolo comum. O tijolo comum é uma cerâmica vermelha, assim, a coloração vermelha depende da composição química da argila utilizada. Para a produção do tijolo, a matéria-prima será selecionada, corrigida, homogeneizada e misturada com água. Posteriormente, os tijolos serão secos e queimados com temperaturas entre 900°C e 1100°C. Cuidado especial durante a etapa de queima, pois, esse procedimento interfere muito nas propriedades mecânicas dos tijolos. Esse processo de fabricação não é exclusivo do tijolo simples e é utilizado também para a produção de blocos cerâmicos.

A **letra B está errada**. O tijolo laminado é produzido por extrusão e não por moldagem na forma.

A **letra C está errada**. O procedimento citado acima é muito parecido para a produção dos tijolos refratários também. No entanto, a temperatura de queima dos refratários é mais alta. Além disso, a presença de areia compromete as propriedades dos refratários.



A **letra D está errada**. O bloco de concreto é produzido pela mistura de cimento, areia, brita e água, com proporções adequadas. Após a mistura, o concreto é colocado nos moldes para o endurecimento. Posteriormente, é realizada a cura para evitar a perda de água necessária para a hidratação do cimento.

20. (Pref. Bom Despacho/SP, 2016) As propriedades físicas da madeira são: Exceto.

- a) Volume;
- b) Densidade;
- c) Umidade;
- d) Retratibilidade.

Comentário:

A **letra A está incorreta**. O volume não é uma propriedade física da madeira.

A **letra B está correta**. A densidade é uma propriedade física da madeira.

A **letra C está correta**. A umidade é uma propriedade física da madeira.

A **letra D está correta**. A retratibilidade é uma propriedade física da madeira.

21. (UFPA – 2018) A madeira é um material que troca umidade com o ambiente, e essa troca de umidade está diretamente relacionada a variações de propriedades físicas e mecânicas do material. Com relação à variação do teor de umidade da madeira é correto afirmar o seguinte:

- a) a redução do teor de umidade da madeira vem acompanhada de expansão do material e aumento de resistência mecânica.
- b) a redução do teor de umidade da madeira vem acompanhada de expansão do material e redução de resistência mecânica.
- c) a redução do teor de umidade da madeira vem acompanhada de retração do material e redução de resistência mecânica.
- d) a redução do teor de umidade da madeira vem acompanhada de retração do material e aumento de resistência mecânica.
- e) a redução do teor de umidade da madeira vem acompanhada de retração do material e constância de resistência mecânica.

Comentário:

A **letra A está errada**. A redução do teor de umidade da madeira irá provocar a retração do material e não a expansão da madeira.

A **letra B está errada**. A resistência mecânica aumenta com a diminuição do teor de umidade.

A **letra C está errada**. A redução da umidade provoca a retração da madeira e aumento da resistência mecânica.



A **letra D está correta**. A redução da umidade da madeira provoca tanto a retração da madeira como o aumento da resistência mecânica.

A **letra E está errada**. A resistência mecânica aumenta com a diminuição do teor de umidade.

22. (UFCA – 2019) As alternativas, a seguir, estão corretas, EXCETO:

- a) Anisotropia, umidade, retração, dilatação linear e deterioração são propriedades físicas da madeira.
- b) Nós, fendas, ventas, quina morta e fibras reversas são defeitos das madeiras.
- c) Madeiras duras são provenientes de árvores frondosas (dicotiledôneas, com folhas achatadas e largas), de crescimento lento, como peroba, ipê, aroeira, carvalho etc.
- d) Madeiras macias são provenientes em geral das árvores coníferas (da classe Angiosperma, com folhas em forma de agulhas ou escamas, e sementes agrupadas em forma de cones), de crescimento rápido, como pinheiro-do-paraná e pinheiro-bravo, ou pinheirinho, pinheiro europeus, norte-americanos etc.
- e) As árvores produtoras de madeira de construção são do tipo exogênico, que crescem pela adição de camadas externas, sob a casca.

Comentário:

A **letra A está correta**. As propriedades físicas da madeira são: umidade, variações dimensionais, durabilidade, densidade, resistência ao fogo.

A **letra B está correta**. Nós, fendas, ventas, quina morta e fibras reversas são defeitos das madeiras

A **letra C está correta**. As madeiras duras são as dicotiledônias, ou seja, as árvores frondosas.

A **letra D está errada**. As madeiras macias são provenientes das coníferas e as coníferas são árvores da classe Gimnospermas e não da classe Angiosperma.

A **letra E está correta**. As árvores produtoras de madeira de construção são do tipo exogênico, que crescem pela adição de camadas externas, sob a casca. São as árvores que crescem por causa dos anéis de crescimento.

23. (UFMS - 2017) A madeira é utilizada com múltiplas finalidades na construção civil brasileira. Sobre esse material, assinale a alternativa INCORRETA.

a) Exposta ao ambiente, a madeira de uma árvore abatida perde continuamente umidade, inicialmente, por evaporação da água livre, até o ponto de saturação (PS). A partir do ponto de saturação, perde a água aderida às paredes celulares. Essa segunda etapa da perda acontece até a chamada umidade de equilíbrio (UE). A ABNT NBR 7190 (1997): Projeto de Estruturas de Madeira adota como valores de referência para PS e UE, respectivamente, 25% e 12%.

b) A madeira como um material estrutural é classificada, na ABNT NBR 7190 (1997): Projeto de Estruturas de Madeira, em classes de resistência dependentes da classificação entre coníferas e dicotiledôneas, sendo as madeiras duras (coníferas) com classes de resistência mais elevadas que as madeiras moles (dicotiledôneas).



c) Pela característica fibrosa e de veios natural do material, suas propriedades mecânicas são influenciadas pela direção de aplicação do carregamento em relação à orientação principal das fibras. A resistência à compressão paralela às fibras é normalmente maior que a resistência à compressão normal às fibras.

d) Muitos produtos derivados da madeira são utilizados na construção civil. Exemplos são as chapas de madeira compensada, de lâminas paralelas, de madeira aglomerada, de OSB, de MDF e MDP.

Comentário:

A letra A está correta. Quando a madeira é cortada e exposta ao meio, ela perde água livre até atingir o ponto de saturação ($PS = 25\%$). A partir do PS, a madeira perde água de impregnação até atingir o equilíbrio com o meio ($EU = 12\%$).

A letra B está errada. As coníferas são madeiras macias e as dicotiledôneas são madeiras duras.

A letra C está correta. As propriedades mecânicas das madeiras são influenciadas pela orientação das fibras. A resistência à compressão paralela às fibras é maior do que na direção normal às fibras.

A letra D está correta. Muitos produtos derivados da madeira são utilizados na construção. Como exemplo, têm-se as madeiras laminadas coladas, compensadas, aglomeradas OSB, MDF e MDP.

24. (IF-MS, 2019) No que diz respeito à tecnologia da madeira, a umidade do material é uma importante característica a ser considerada. Quando a madeira é cortada, inicia-se uma série de situações envolvendo aspectos de deformação e resistência. Cabe, então, ao laboratorista auxiliar o responsável técnico pela obra de uma edificação, iniciando com a análise do teor de umidade em que se encontra a madeira adquirida. A água na madeira pode assumir várias formas:

- Água de embebição ou de capilaridade, que fica entre as fibras da madeira, e água livre, que fica nos canais.
- Água de adesão, de impregnação ou higroscópica, que satura as paredes das células.
- Água de constituição, que fica fixada à madeira à nível molecular.

Diante do exposto, assinale a alternativa CORRETA:

a) A anisotropia da madeira não influencia em sua retratibilidade linear em qualquer de seus eixos de referência (longitudinal, radial e transversal).

b) A secagem total da madeira em estufa não é muito interessante, uma vez que isso pode causar rachaduras nela. O ideal é sempre deixar a madeira com uma certa umidade, em torno de 12%, que é a porcentagem considerada padrão.

c) Para fins de dados de resistência mecânica da madeira, a água de constituição deve ser sempre analisada, uma vez que é muito sensível às mudanças originárias da umidade higroscópica.

d) Quando a madeira se encontra totalmente saturada, com as águas livres e de capilaridade, o material sofre variações constantes em suas dimensões.



e) Quando a madeira ao longo do tempo fica secando a céu aberto, ela sempre buscará um equilíbrio com a umidade da atmosfera (umidade higroscópica) do local de secagem. Essa variação constante de umidade provoca também a variação constante da resistência mecânica dela. Diante disso, a ABNT estabelece como referência, para padrões de comparação de resistência, a umidade de 12%.

Comentário:

A **letra A está errada**. A retratibilidade da madeira é maior na direção tangencial e radial, nessa ordem. Ela é considerada praticamente nula na direção longitudinal das fibras.

A **letra B está errada**. A água de impregnação é sensível as variações da umidade do meio.

A **letra C está errada**. A resistência mecânica das madeiras é afetada pela água de impregnação ou água de capilaridade.

A **letra D está errada**. A madeira só sofre variações dimensionais quando acontece alteração do teor da água de impregnação.

A **letra E está correta**. Assim que a madeira é colocada em contato com o ar, ela começa a perder ou absorver umidade até entrar em equilíbrio com o meio. Essa variação de umidade provoca alteração das propriedades mecânicas. Por causa disso, a NBR 7190 fixa uma referência de umidade em 12%.

25. (IF/BA, 2016) "Tábuas sobrepostas ao fio e coladas entre si" é a definição de madeira do tipo:

- a) laminada.
- b) aglomerada;
- c) reconstituída;
- d) maciça;
- e) compensada.

Comentário:

A **letra A está correta**. As madeiras laminadas são formadas por lâminas de madeiras sobrepostas.

A **letra B está errada**. As madeiras aglomeradas são formadas por aglomerados de partículas de madeiras unidas com adesivos poliméricos.

A **letra C está errada**. A madeira reconstituída é formada por fibras de madeira prensadas e coladas. Como exemplo, podemos citar o MDF.

A **letra D está errada**. A madeira maciça é a madeira proveniente de toras.

A **letra E está errada**. A madeira compensada é formada por lâminas de madeira coladas com ângulo de 90°.



26. (Pref. Salvador/BA, FGV – 2017) Leia o fragmento a seguir. “ Vidro ____ é o vidro plano, transparente, incolor, obtido por fundição e ____ onde se incorpora, durante o processo de fabricação, uma malha de ____ .” Assinale a opção cujos itens completam corretamente as lacunas do fragmento acima.

- a) temperado – prensagem – material plástico;
- b) recozido – têmpera – silicato sodo-cálcico;
- c) estirado – depósito de prata – material plástico;
- d) laminado – resfriamento - arame de aço;
- e) aramado - laminação - arame de aço;

Comentário:

O Vidro **aramado** é o vidro plano, transparente, incolor, obtido por fundição e **laminação** onde se incorpora, durante o processo de fabricação, uma malha de **aramado de aço**.

Assim, a **letra E está correta**.

27. (UFSM – 2017) As tintas são materiais apresentados na forma líquida que, quando aplicadas sobre uma superfície, resultam em um filme sólido, contínuo e aderido ao substrato, com função decorativa e de barreira a agentes agressivos. Sobre as tintas de revestimento, considere as afirmativas a seguir.

I → As tintas usadas na construção civil são divididas em dois grupos: látex e esmaltes sintéticos. Exemplo do primeiro grupo é a PVA e do segundo é a acrílica.

II → Normalmente são três os padrões de acabamento disponíveis para as tintas látex: semibrilho, acetinado e fosco. O acabamento fosco é mais indicado para fins de proteção, enquanto o acabamento semibrilho para fins decorativos. A tinta semibrilho é de alta fração volumétrica de pigmentos (PVC), enquanto a fosca é de baixo PVC.

III → O fundo preparador de parede tem como função promover a coesão de partículas soltas do substrato, com baixa coesão, como, por exemplo, argamassa pobre e de baixa resistência mecânica.

IV → O selador é o produto destinado à primeira demão sobre a superfície e funciona como ponte entre o substrato e a tinta de acabamento. Serve para reduzir ou uniformizar a absorção das superfícies de alvenaria e argamassa.

Estão corretas:

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



d) apenas I, II e IV.

e) apenas II, III e IV.

Comentário:

A **afirmativa I está errada**, pois, a tinta acrílica é látex e não um esmalte sintético.

A **afirmativa II está errada**, pois, a tinta fosca apresenta alta fração volumétrica de pigmentos.

A **afirmativa III está correta**, pois, o fundo preparador melhora a aderência e serve para uniformizar a absorção do substrato.

A **afirmativa IV está correta**, pois, O selador é o produto destinado à primeira demão sobre a superfície e funciona como ponte entre o substrato e a tinta de acabamento.

Estão corretas as afirmativas III e IV e a **letra A está correta**.



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.