

APLICAÇÃO DE POLÍMEROS EPÓXIDO
NA REPARAÇÃO, PROTEÇÃO E COLA-
GEM DE ELEMENTOS DE BETÃO

UNIVERSIDADE DO MINHO

Área de Engenharia Civil

Grupo disciplinar de Materiais de Construção

APLICAÇÃO DE POLÍMEROS EPÓXIDO
NA REPARAÇÃO, PROTECÇÃO E COLAGEM
DE ELEMENTOS DE BETÃO

J.L. BARROSO DE AGUIAR

Relatório de uma aula teórica-prática submetido às provas
de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica para habilitação
à categoria de Assistente

BRAGA, 1986

" APLICAÇÃO DE POLÍMEROS EPÓXIDO NA REPARAÇÃO, PROTECÇÃO E COLAGEM DE ELEMENTOS DE BETÃO "

1. INTRODUÇÃO

O uso de polímeros epóxico tem muitas vantagens na reparação e protecção de elementos de betão danificados, nomeadamente em reparações externas (reconstituição de betão corroído, aumento de capacidade resistente de elementos de betão, colmatagem dos vazios do betão e criação de uma superfície resistente ao desgaste sobre o betão) e reparações internas (colmatagem de fissuras por injeção) [1], por isso tem sofrido um grande incremento nos últimos anos. Igualmente, quando se trata da colagem de elementos de betão (por exemplo elementos pré-fabricados) ou da ligação de betão fresco a betão endurecido o uso de compostos epóxico vem sendo aconselhado e a sua aplicação tem aumentado. No entanto, é necessário observar certos cuidados quando do uso destes polímeros, caso contrário, o benefício esperado pode não se verificar e podem até surgir situações catastróficas. O presente trabalho trata da utilização de polímeros epóxico na realização de argamassas sintéticas para reparar elementos de betão, na ligação de betão endurecido a betão fresco, na criação de uma superfície resistente ao desgaste sobre betão endurecido e na injeção de fissuras. São focados aspectos relacionados com rotulagem, armazenagem e manuseamento das embalagens que contêm os produtos, a preparação das superfícies de betão, a mistura dos componentes, a aplicação dos materiais e o controlo de qualidade do trabalho realizado.

Para uma melhor aplicação dos polímeros epóxico em trabalhos de reparação, protecção e colagem de elementos de betão é importante uma compreensão do fenómeno da adesão, por esse motivo faz-se uma abordagem a esse fenómeno, sem qualquer intenção de o esgotar, dada a sua complexidade e tratar-se, ainda hoje, de um tema de investigação em todo o mundo.

2. ADESÃO

Numa ligação de dois sólidos por uma substância líquida adesiva, algumas forças de atracção surgem nas interfaces, criando a união dos dois materiais. Vã-

rias teorias tentam explicar este fenómeno mas até hoje, nenhuma se pode considerar como completa e surgem até algumas contraditórias [2].

Embora haja muitos estudos no domínio da adesão [2], [3], [4], [5], ..., as leis que regem este fenómeno são ainda mal conhecidas.

Entre as principais teorias desenvolvidas a propósito deste assunto, citamos as seguintes [2]:

1 - Teoria da adesão mecânica : considera que a adesão é devida a uma ancoragem da cola sobre as irregularidades das superfícies a ligar. Esta teoria não considera as forças intermoleculares e por isso é considerada incompleta.

2 - Teoria química : considera que a adesão é devida a forças de valência residuais sobre a superfície dos materiais.

3 - Teoria da absorção : considera que a adesão é um fenómeno de superfície resultante da acção do conjunto de várias forças intermoleculares.

4 - Teoria electrostática : baseia-se no efeito resultante do fenómeno da formação de uma dupla camada electrostática , no momento da junção dos dois materiais; esta teoria não considera o efeito da tensão superficial.

5 - Teoria da difusão : baseia-se na difusão da cola nas camadas superficiais das superfícies a colar.

6 - Teoria de Sharpe e Shonhorn [6] : considera pela primeira vez o problema da molhagem das superfícies sólidas (ver mais adiante).

É considerada, pelos especialistas como a mais completa, uma vez que tem em consideração as adesões mecânica, química, electrostática e de difusão.

Esta teoria atribui um papel importante ao espalhamento da cola sobre as superfícies a ligar e às forças intermoleculares, por este motivo iremos desenvolver um pouco mais estes dois aspectos tomando como referências [2], [7] e [8] para o problema do espalhamento, [9] e [10] para o assunto das forças de adesão.

As forças de adesão têm um campo de acção muito reduzido (alguns Å) , por isso uma das condições para uma boa ligação é a existência de um contacto íntimo entre a cola e as superfícies a unir. Verifica-se pois uma relação importante entre a adesão e o espalhamento líquido/ sólido (aqui surgem duas variáveis importantes que são ângulo de contacto " θ " e tensão superficial " σ ") [7].

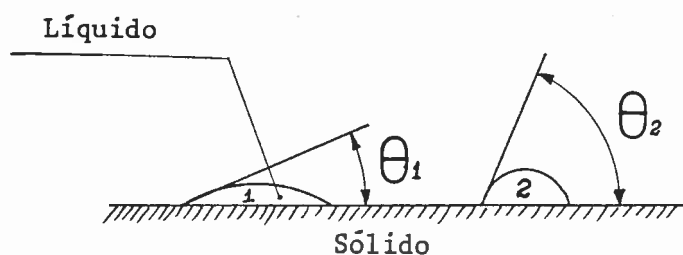
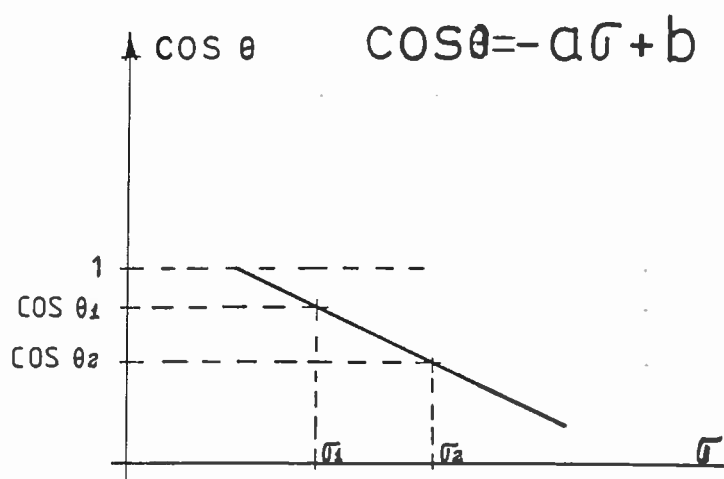


Fig. 1 - Ângulo de contacto

Fig. 2 - Relação entre o ângulo de contacto " θ " e a tensão superficial " σ " [2]

Na figura 1 pode ver-se que se $\theta_1 < \theta_2$, o líquido 1 espalha-se melhor sobre o sólido do que o líquido 2. Portanto quanto menor for o ângulo de contacto maior é o espalhamento. Por outro lado, a fig.2 mostra a relação existente entre o ângulo de contacto e a tensão superficial, trata-se de uma relação de equação $\cos \theta = -a\sigma + b$, em que a e b são constantes que dependem da natureza do líquido e da natureza e estado das superfícies. Convém referir que esta equação só é fácil de definir se a superfície onde se deposita a gota de líquido for de um material homogêneo (vidro por exemplo). R. Lamouri [2], tentou determinar os ângulos de contacto de vários sistemas epóxido sobre superfícies de betão obtidas por serragem (lisas), no entanto, encontrou uma dispersão tão grande que acabou por desistir e fazer essas determinações sobre o vidro, o que permitirá concluir alguma coi

sa, mas não é exactamente a situação que se pretende estudar.

No gráfico da fig.2, verificamos que quanto menor for a tensão superficial maior é o espalhamento. Donde se conclui que para que haja um bom espalhamento e conseqüentemente uma boa aderência é favorável a utilização de um líquido com um baixo ângulo de contacto e com uma baixa tensão superficial. No entanto, é importante não esquecer outro parâmetro que intervém no fenómeno da adesão que é a posição das superfícies a colar. Se para superfícies horizontais ou injeção de fissuras o que atrás fica dito favorece a ligação, o mesmo não se aplicará a superfícies inclinadas ou verticais. Para este tipo de superfícies a escolha de uma cola com baixo ângulo de contacto e baixa tensão superficial pode ser prejudicial, pois corre-se o risco de se perder demasiada cola e virem a surgir muitos vazios na interface cola/sólido.

A adesão entre uma cola e um sólido depende, ainda, do estado da superfície do segundo.

Com efeito, a adesão mecânica entre uma cola e uma superfície rugosa é melhor (mais resistente) que a que se verifica entre uma cola e uma superfície lisa.

A diferença deve-se aos dois factos seguintes:

- a - uma cola penetra melhor numa superfície rugosa do que numa superfície lisa.
- b - a área de contacto cola-superfície rugosa é superior à área de contacto cola-superfície lisa.

Vejamos, agora, quais as forças de natureza química que intervêm quando se colocam em contacto dois corpos. Surgem forças de ligação à escala molecular que podemos agrupar em dois tipos gerais: ligações interatómicas e ligações intermoleculares.

1 - Ligações Interatómicas:

- Ligação metálica - livre troca de electrões entre os átomos dos metais.
- Ligação iónica - transferência de electrões de um átomo para outro.
- Ligação covalente - permuta de electrões entre os átomos.
- Ligação covalente dativa - empréstimo de electrões por um só átomo ao outro átomo.

2 - Ligações Intermoleculares:

- Forças de Van der Waals ou de polarização - forças electrostáticas ou magnéticas entre moléculas dipolares.

- Forças de London ou de dispersão - forças electrostáticas ou magnéticas entre moléculas não polares.

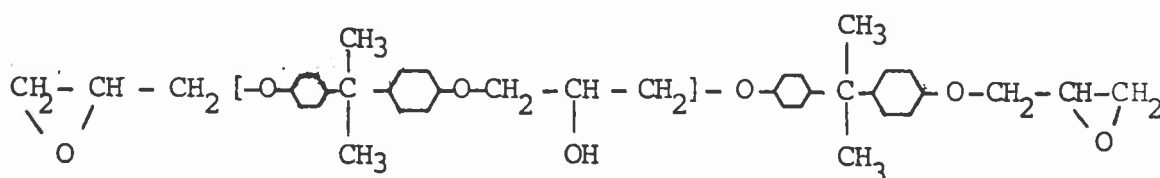
Existem ainda ligações intermoleculares mistas como as pontes de hidrogénio e as ligações coordenadas.

A grandeza das ligações à escala molecular mede-se pelas energias de dissociação expressas em Kcal/mol. As ligações interatómicas podem abranger desde fracas energias (10 - 15 Kcal/mol) até energias muito fortes como as do Si - F, Si - H, Si - C, etc. As forças de Van der Waals e as pontes de hidrogénio actuam com uma energia média (5 a 15 Kcal/mol). As forças de London são as menos resistentes com energias de dissociação de apenas 1 - 2 Kcal/mol.

Embora as forças secundárias (ligações intermoleculares) sejam muito fracas em relação às forças interatómicas, têm uma vantagem para os efeitos da adesão e da coesividade que é começarem a sentir-se a distâncias maiores. Existem, ainda, as designadas forças residuais a longa distância que têm pouca contribuição para a energia da ligação mas são muito importantes na formação dos estados coloidais, na orientação e alinhamento das macromoléculas e para certas características reológicas e de aplicação das colas. As ligações secundárias são as forças - base da adesão entre as macromoléculas.

Para resumir as forças de ligação primárias e secundárias, entre moléculas e partículas actuantes, pode traçar-se um diagrama figurativo do conjunto de todas elas, considerando-as como dispostas sobre um tetraedro em que as ligações químicas primárias ocupam três dos vértices. No outro vértice supõe-se concentradas todas as forças secundárias de atracção electroestática ou magnética entre moléculas polares e não polares (forças de London e de Van der Waals). As ligações de hidrogénio e coordenadas consideram-se casos particulares das forças de polarização, e nas arestas do tetraedro podem supor-se situadas possíveis ligações intermoleculares mistas (fig. 3) [9].

Mais de 90% das resinas epóxico utilizadas em engenharia civil são aromáticas e do tipo éter de glicidilo bisfenol A, com uma estrutura molecular que se pode representar [9] e [11]:



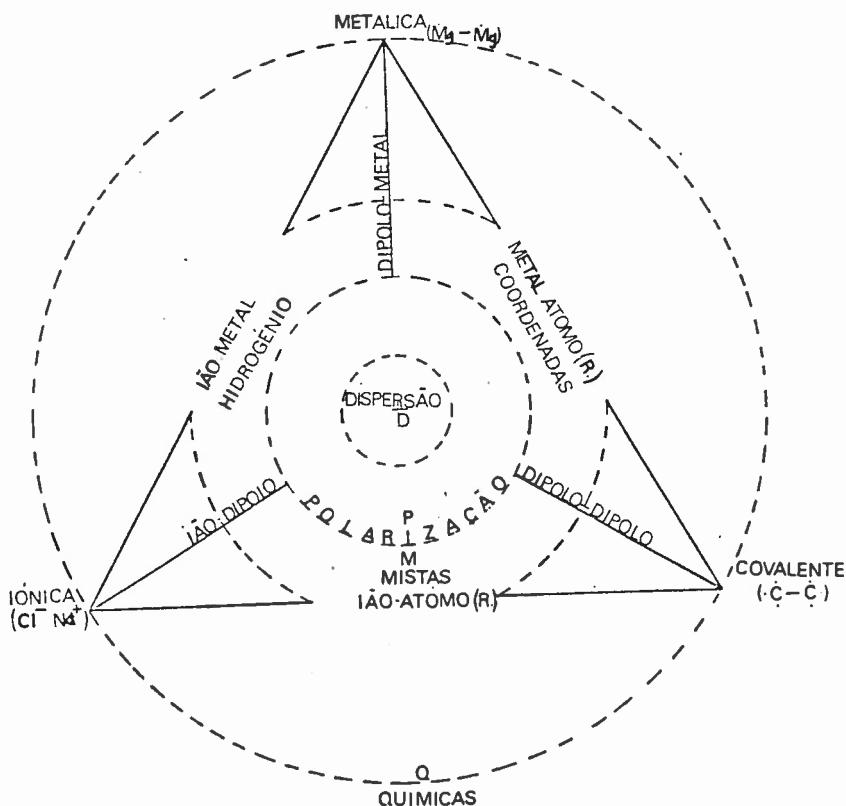


Fig. 3 - Esquemática de ligações intra e intermoleculares.

As forças atractivas secundárias são principalmente devidas aos agrupamentos polares do éter de glicidilo ($O - CH_2 - CH - CH_2$) e aos grupos hidróxilo



(OH) ao longo da cadeia. É por esta razão que as resinas epóxico são essencialmente caracterizadas pelos: índice de epóxico (número de grupos éter de glicidilo por Kg de resina), índice de hidróxilo (número de grupos hidróxilo por Kg de resina), massa molecular e viscosidade. Verifica-se que há uma relação muito grande entre o índice de epóxico, o índice de hidróxilo e a massa molecular, com o poder de adesão destas colas.

Para que a adesão possa resultar melhorada interessa usar ligações químicas primárias entre a cola e os aderentes. Estas ligações conseguem-se através

da utilização de grupos químicos que possam reagir com os aderentes. Se em conjunto com as forças de atracção secundárias se conseguir uma ou outra ligação química a força de adesão resulta reforçada assim como a coesão intramolecular da própria película, dando uma colagem muito mais resistente e durável.

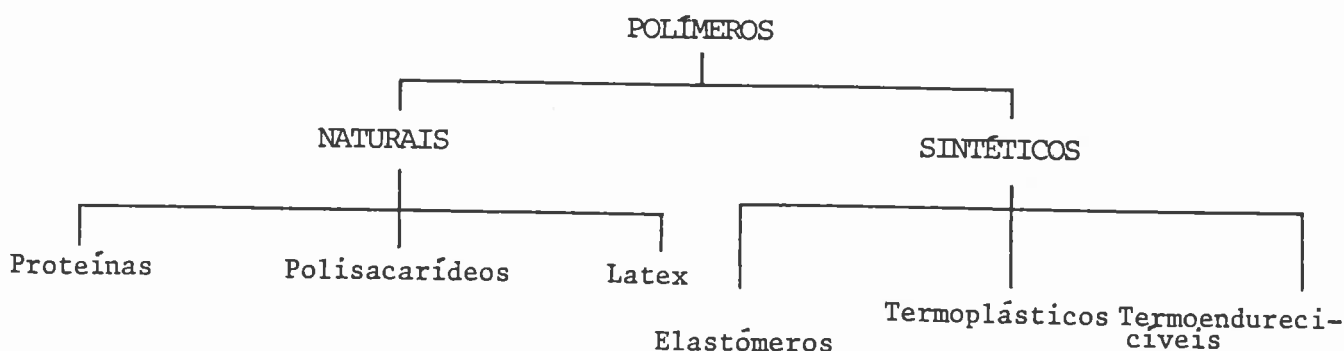
3. COMPOSTOS EPÓXIDO

3.1. Definição

Algumas apresentações de compostos epóxido foram feitas do ponto de vista da "Química Macromolecular" [8], [9] e [12]. Pela nossa parte, tentaremos explicar, simplesmente, o que se entende por compostos epóxido.

Interessa, antes de mais, definir correctamente os termos que aparecerão referidos ao longo deste trabalho. Na bibliografia consultada encontramos alguma confusão a este respeito. Ligante epóxido é um ligante polimérico termoendurecível obtido pela mistura de dois constituintes, a resina (base) e o endurecedor. Por polímero, designa-se toda a substância constituída por macromoléculas e em que a sua estrutura é caracterizada, essencialmente, pela repetição de um ou vários tipos de meros.

Os polímeros podem ser classificados da forma seguinte [13]:



Os ligantes epóxido são termoendurecíveis o que significa que o polímero obtido não se pode fundir, nem dissolver sem que isso implique a sua degradação [1]. Entre os polímeros sintéticos temos ainda os elastómeros e os termoplásticos. Os termoplásticos são susceptíveis de ser, de forma repetida, sucessivamente amolecidos por aquecimento e endurecidos por arrefecimento num intervalo de temperatura característico [14]. Quer os elastómeros naturais (derivados fundamentalmente do latex extraído de uma árvore conhecida por "hevea brasiliensis"), quer os sintéticos (dos quais o mais importante actualmente é a borracha de estireno-butadieno), pos-

suem um elevado grau de elasticidade, isto é, quando submetidos a uma tensão, mesmo pequena, sofrem uma deformação reversível significativa [13].

Voltando ainda, à formação do ligante epóxico diremos que o endurecedor é geralmente constituído por poliaminas e a sua junção à resina dá origem a uma reacção de policondensação que leva à formação de macromoléculas através do agrupamento dos meros. Esta reacção dá-se com um aumento da viscosidade e com um aumento de temperatura (exotérmica).

A mistura de resina e endurecedor deve fazer-se em proporções exactas e bem definidas. Uma alteração dessas proporções pode conduzir a um produto com características não só inferiores, mas eventualmente catastróficas [1].

3.2 Propriedades

Os compostos epóxico têm como propriedades principais as que passo a citar: boa aderência a superfícies muito variadas (incluindo o betão, a argamassa e o aço), baixa retracção, baixa permeabilidade, resistem bem a águas nocivas (salgadas e sulfatadas), boas resistências mecânicas, densidade baixa (entre 1,2 e 1,9), baixo módulo de elasticidade, não resistem a temperaturas muito altas (a partir do 120º C degradam-se), podem ser tóxicos e são caros.

Entre as desvantagens dos compostos epóxico em relação a outros produtos usados em reparações de elementos de betão caso dos compostos hidráulicos e dos polímeros termoplásticos encontramos o seu alto preço. No entanto, as vantagens dos compostos epóxico são tantas que em certos casos só a sua aplicação se traduz por uma resolução eficaz do problema em causa, enquanto o uso dos outros produtos acarreta a necessidade de nova reparação num prazo não muito longo [15].

Em relação aos produtos de cimento temos como vantagens: menor retracção, maior aderência, possibilidade de preencher melhor os vazios (menor viscosidade), menor permeabilidade e maior resistência a águas nocivas (salgadas e sulfatadas). Como desvantagem, para além do custo mais elevado quer porque o produto é mais caro e ainda porque a sua aplicação exige mão de obra especializada, temos a resistência a uma temperatura inferior (120º C para os epóxico e 300º C para o cimento portland normal).

Em relação aos polímeros termoplásticos, por exemplo o nitrato de celulose e o acetato de polivinilo, há uma forma diferente de apresentação, pois enquanto os epóxico se apresentam líquidos, os termoplásticos apresentam-se sólidos e é o aquecimento que vai permitir o abaixamento da viscosidade até valores que permitam a aplicação do produto. As vantagens dos polímeros termoplásticos em relação aos

polímeros epóxico são custo mais baixo de embalagem e transporte, não congelam, não são inflamáveis, não são tóxicos, têm boa estabilidade em armazém, dispensam equipamento para secagem, a colagem é mais rápida, fornecem películas impermeáveis e mais resistentes à água. As desvantagens são: necessitam equipamento especial para a sua aplicação, menor resistência da colagem, degradam-se por aquecimento contínuo, dificultam o controlo do peso da película e necessitam do pré-aquecimento dos aderentes.

Pelo que ficou dito pode concluir-se que os compostos epóxico têm largas vantagens em aplicações em que se exige boa aderência, boa penetração, baixa retracção, baixa permeabilidade e resistência a águas nocivas.

3.3 Aplicações

As aplicações dos compostos epóxico em Engenharia Civil são muitas e variadas, citemos algumas [2], [3], [8] e [15]:

- Reparação de fissuras de pontes, estradas de betão, galerias ou túneis.
- Impermeabilizações de betão e aço.
- Colagem de elementos pré-fabricados de betão .
- Reforço de estruturas de betão (colagem de placas de betão ou aumento de secção dos elementos com betão projectado).
- Marcação de estradas (sinalização horizontal).
- Realização de juntas de betonagem.

Vejamos alguns exemplos concretos para que se possam esclarecer melhor em que condições se devem aplicar os compostos epóxico.

1º Exemplo: Suponhamos que se pretende o reforço dos pilares e sapatas de um edifício de vários pisos de betão armado, que pode ser originado por vários motivos, entre os quais mencionarei dois bastante frequentes é o caso de se ter decidido pelo aumento de número de pisos numa fase já adiantada da construção ou de se ter verificado que o betão empregue não correspondia à classe exigida pelo projecto. Esse reforço compreenderá várias fases que são: necessidade de tratamento da superfície de betão endurecido, colocação de novas armaduras com os necessários comprimentos de amarração e nova betonagem. O uso de ligantes epóxico permite assegurar uma maior aderência betão endurecido/betão fresco e betão fresco/varões de aço, e diminuir os comprimentos de amarração dos varões.

Nas zonas A e B (fig.4) exige-se um produto que não sofra retracção e que adira perfeitamente ao aço e ao betão endurecido. Um produto à base de cimento portland não é aconselhável devido à elevada retracção que apresenta pelo que

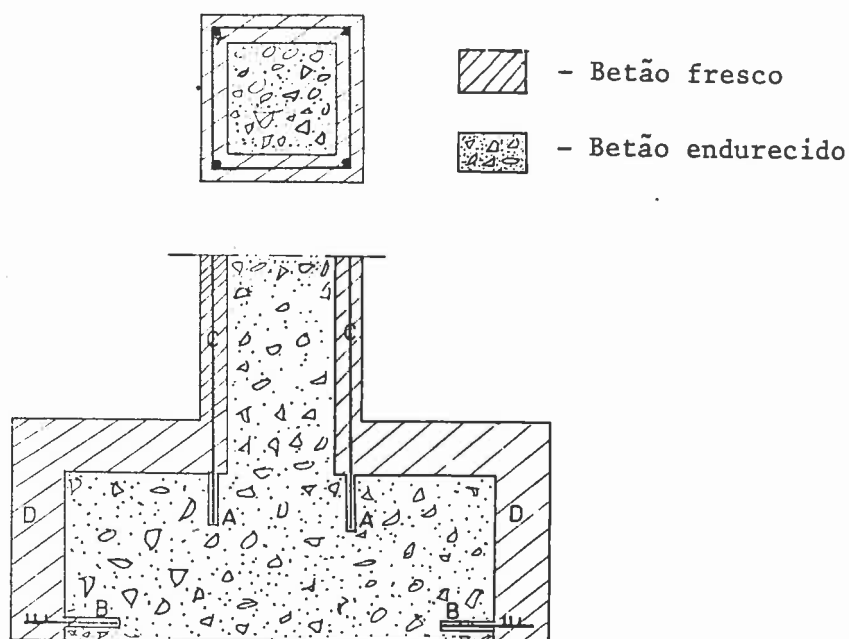


Fig. 4 - Reforço de sapatas e pilares

é aconselhável o uso de um ligante epóxico.

Nas zonas C e D (fig. 4) exige-se que o betão adira perfeitamente ao aço e ao betão endurecido. Poderá usar-se um ligante epóxico sobre as superfícies de betão endurecido e a revestir os varões de aço e em seguida realizar a nova betonagem que pode ser de betão de cimento portland projectado.

2º Exemplo: Realização de estruturas com pilares e vigas pré-fabricados com armaduras em peças ocas, com o enchimento total da secção feito em obra (fig. 5).

Tal como no 1º exemplo o uso de um ligante epóxico quer nas superfícies de betão endurecido, quer nas armaduras de ligação, vai melhorar a adesão betão endurecido/betão fresco e betão fresco/ armaduras, permitindo ainda reduzir o comprimento destas.

3º Exemplo: Junta de betonagem. Suponha-se que se betona uma parte de um elemento de betão e que por qualquer motivo tem de suspender-se a betonagem, sem que o elemento esteja betonado no seu todo e prosseguir-la noutro dia, quando o betão já se encontra endurecido. Uma situação destas pode surgir por várias razões, de entre as quais cito duas, elemento de grandes dimensões que impossibilita com o equipamento disponível a realização da betonagem num só dia ou a falta de um ou vários materiais (cimento, água ou inertes). São conhecidos os problemas que estas juntas levantam mesmo quando há o cuidado de eliminar todas as partículas soltas ou desagregáveis sobre a superfície de betão endurecido e colocar os inertes gros-

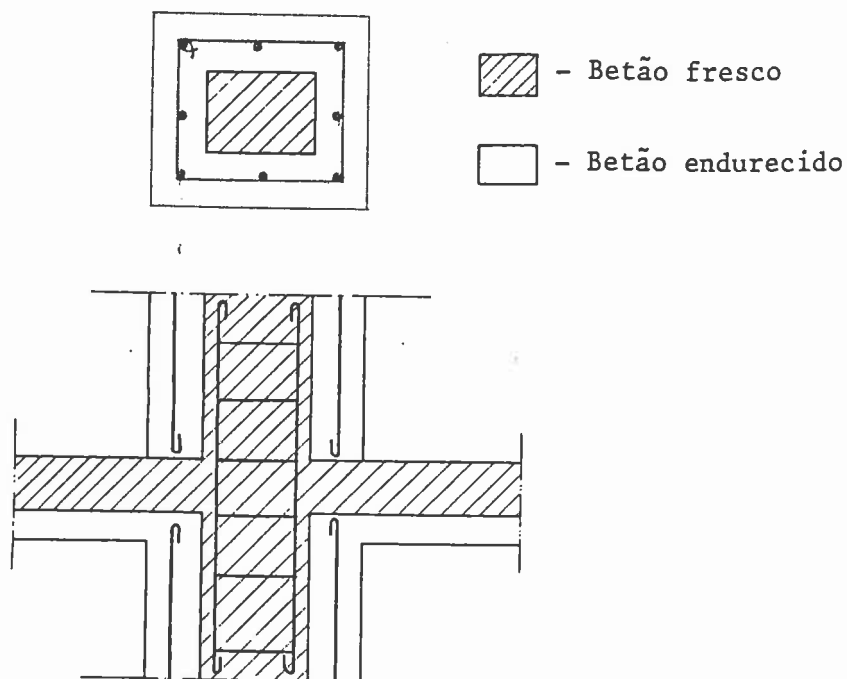


Fig. 5 - Vigas e pilares pré-fabricados

sos à vista . Portanto, o procedimento aconselhável é, para além, de tratar a superfície de betão endurecido, a aplicação de um ligante epóxico e a realização em seguida da betonagem.

4. CUIDADOS GERAIS A OBSERVAR QUANDO SE UTILIZAM COMPOSTOS EPÓXIDO EM PEÇAS DE BETÃO

4.1. Generalidades

Quando se utilizam compostos epóxico quer seja na realização de argamasas epóxico, colas para aplicação em peças de betão ou em injeção de fissuras há certos cuidados gerais que convém observar. Neste capítulo trataremos desses cuidados que encontramos referidos em parte da bibliografia consultada, nomeadamente em [1], [9], [16], [17], [18], [19] e [20]. Nos capítulos seguintes abordam-se os cuidados específicos de cada uma das aplicações mencionadas.

A necessidade de assegurar as distâncias mínimas entre as macromoléculas dos ligantes e as moléculas superficiais dos materiais aderentes para que se desenvolvam as forças de adesão leva à exigência de uma suficiente fluidificação do ligante, conveniente preparação das superfícies a colar e condições adequadas de secagem e endurecimento da colagem. De facto, tem de haver a possibilidade de difusão, orientação e alinhamento das cadeias macromoleculares dos polímeros na ligação ligante/aderentes. Isto leva a para além de aspectos químicos, como é o caso das polaridades do ligante e dos aderentes, à consideração de fenómenos físicos como se-

jam os relacionados com a penetração dos líquidos nos poros e capilares de um sólido, tais como a viscosidade, o poder de molhagem da cola, o ângulo de contacto entre o ligante e o aderente, o estado da superfície dos aderentes e a forma e dimensão dos poros e capilares dos aderentes em que o ligante deve penetrar [9]. Todos estes aspectos são importantes e contribuem para facultar a necessária aproximação e orientação das moléculas que é indispensável para o desenvolvimento das forças atractivas entre o ligante e os aderentes. Interessa, pois, referir com pormenor as regras a observar quando da utilização dos compostos epóxico, para que as situações químicas e físicas, antes referidas, se venham a verificar.

4.2. Armazenagem e Manuseamento dos produtos

As embalagens que contêm os produtos devem estar convenientemente rotuladas, para se evitarem possíveis confusões. Os rótulos devem conter informações sobre o nome do fabricante, a identificação do produto, instruções para a sua mistura, cuidados a ter com o seu manuseamento e como evitar intoxicações. Por outro lado, as embalagens devem estar bem fechadas para evitar a deterioração dos produtos. O manuseamento deve realizar-se de maneira segura e de forma a evitar a quebra do lacre das embalagens. Compreendem-se estas recomendações se atendermos a que os produtos epóxico, quando em contacto com o ar atmosférico têm uma durabilidade reduzida, cerca de três meses, por isso sempre que se abra uma embalagem, embora possa ser fechada logo após se retirar a quantidade necessária para aquela aplicação, o seu conteúdo deverá ser usado nos três meses seguintes.

A armazenagem destes produtos deve efectuar-se a temperaturas entre os 50° C e 400° C, a menos que o fabricante recomende outras temperaturas. Se a armazenagem se prolongou por muito tempo ou se fizer a temperaturas da ordem dos 100° C, pode acontecer que a resina cristalize. Embora quimicamente, ela esteja em boas condições, o seu estado físico não permite a sua utilização. Neste caso, aconselham-se as operações seguintes [1]:

- Aquecimento da resina em "banho-maria", não ultrapassando 500° C e até à fusão completa dos cristais.

- Arrefecimento da resina, antes da mistura com o endurecedor, até à temperatura ambiente.

4.3 Mistura dos componentes

A mistura dos componentes nas proporções ideais é muito importante para que o composto epóxico tenha as propriedades esperadas. Antes do seu uso, a mistura

dos componentes, assim como os processos de aplicação devem sujeitar-se a uma pré-
via aprovação. Este aspecto é de extrema importância e terá início no próprio fa-
bricante. Sabe-se que a qualidade de um mesmo tipo de matéria-prima pode variar bas-
tante conforme o fabricante e mesmo de remessa para remessa do mesmo fabricante ou
fornecedor. A secção de fabrico deve, pois, ser apoiada por um laboratório de ensai-
os experimentais equipado de forma a que se possa controlar a qualidade das maté-
rias-primas e dos produtos acabados. Na obra devem realizar-se ensaios que permi-
tam sobretudo verificar se a mistura dos produtos nas percentagens indicadas pelo
fabricante conduz à fluidez necessária para uma molhagem perfeita da superfície dos
aderentes e se a inclinação das superfícies não influirá na eficiência da colagem.
Em relação ao tipo de ensaios a realizar podemos encontrar em [21] e [22] indicações
muito importantes. Destes ensaios destacam-se os que conduzem à determinação do tem-
po de início de polimerização, do fim de polimerização (corresponde à duração prá-
tica de utilização (DPU)), da viscosidade, das resistências mecânicas (tracção e
compressão com corte) fazendo variar as condições das superfícies dos aderentes
(lisas, rugosas, secas e húmidas) e a injeccção em coluna de areia.

O conhecimento da duração prática de utilização (DPU) à temperatura a que
se vai fazer a aplicação é muito importante. Não se podem utilizar produtos em que
a DPU é inferior ao tempo de preparação e aplicação nas condições da obra. Interes-
sa, ainda, conhecer a DPU para misturas com massas diferentes porque a reacção
de polimerização é exotérmica e a DPU aumenta quando a massa da mistura diminui.

O ensaio da injeccção em coluna de areia tem importância, essencialmente,
em injeccção de fissuras. Em [23] encontramos a descrição deste ensaio que tem como
objectivo o estudo da capacidade penetrante dos produtos de injeccção. Em termos ge-
rais, o ensaio consiste em injectar, sob pressão constante, o ligante, num cilindro,
em plástico transparente, cheio de areia calibrada. A injeccção é feita a partir do
ponto mais baixo do cilindro e mede-se o tempo necessário para atingir o ponto mais
alto. Pode fazer-se o ensaio com areia seca ou húmida e a temperaturas diferentes
(normalmente o ensaio faz-se a 20º C). A capacidade de injeccção de um ligante é tão
importante que pode mesmo dizer-se que é preferível injectar um ligante de quali-
dade inferior mas que preencha todas as fissuras do que um ligante melhor mas que
não dê garantias de preenchimento de todas as fissuras [8].

A mistura dos componentes do ligante ou da argamassa epóxido deve reali-
zar-se num recipiente limpo, seco e livre de resíduos prejudiciais ou partículas
estranhas. Para obter dissipação do calor de reacção melhor e portanto um aumento
da DPU, é desejável que a mistura se faça num recipiente em que as suas dimensões
permitam obter uma espessura de produto final baixa.

A temperatura a que se deve efectuar a mistura dos componentes será entre 15º C e 40º C, a não ser que haja outras recomendações do fabricante.

Antes de se retirar a quantidade de cada componente a utilizar deve homogeneizar-se o conteúdo das embalagens. Para evitar confusões em obra é aconselhável que as embalagens contenham as quantidades certas de resina e endurecedor a misturar entre si.

Misturam-se os componentes do ligante ou composto epóxico com um misturador mecânico (fig. 6) até a mistura se tornar homogénea e uniforme. Devem misturar-se quantidades pequenas (até 1 litro) se se usar espátulas ou métodos análogos. Para que se possa fazer o controlo da homogeneização os dois componentes (resina e endurecedor) a misturar devem ser de cores diferentes.

Na maior parte dos casos, convém respeitar um período de endurecimento da mistura antes da sua aplicação. Este tempo que corresponde ao início de polimerização deve estar indicado na ficha técnica de identificação do produto.

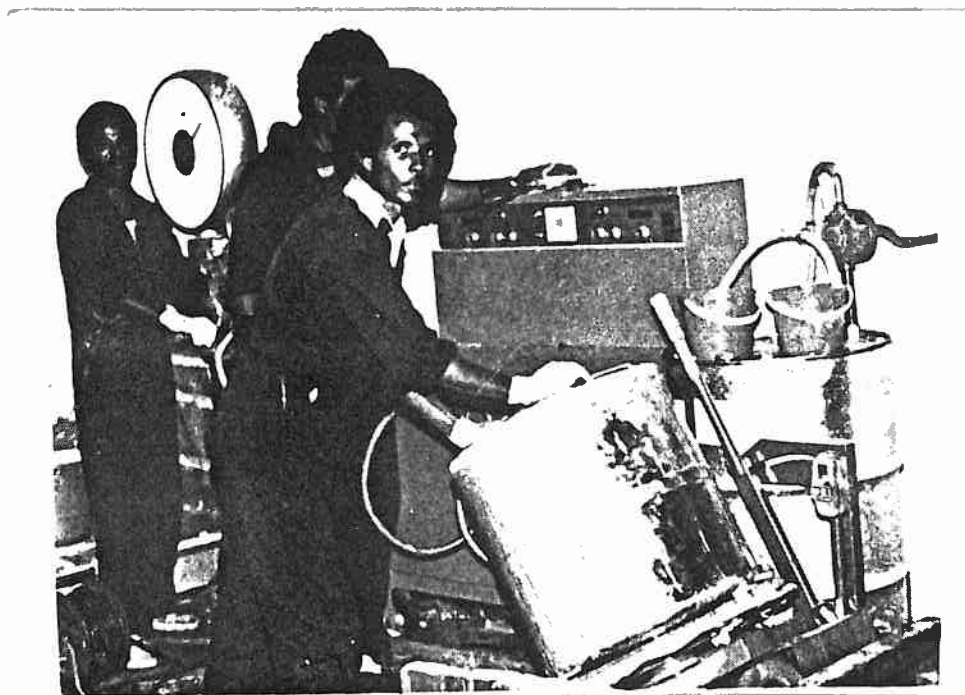


Fig. 6 - Misturador mecânico indicado para ligantes epóxico com capacidade de 70 litros.

4.4 Preparação das superfícies do betão

4.4.1. Reparações externas

As superfícies de betão às quais os ligantes ou argamassas epóxico vão ser aplicadas devem estar limpas de materiais soltos e defeituosos. Deve retirar-se o betão danificado, óleos, gorduras, leitada e produtos da cura. A preparação das superfícies deve fazer-se por métodos mecânicos a não ser que estejam impedidos por limitações do meio, neste caso pode utilizar-se uma solução de ácido clorídrico,

O desgaste mecânico pode fazer-se usando um jacto de areia, um jacto de água, picagem manual ou outros métodos apropriados. O uso de martelo pneumático (mesmo ligeiro) não é de aconselhar porque se trata de um método muito possante. Só será de admitir o seu uso em peças de grandes dimensões [16]. A solução ácida de ve preparar-se com ácido clorídrico diluído numa proporção entre 1:9 e 2:8. Esta solução será esfregada sobre as superfícies com uma escova de cerdas rijas ou outro processo similar. Logo após ter terminado a acção do ácido, o que se verifica pela ausência de efervescência, limpa-se a superfície com um jacto de água até todos os resíduos terem sido removidos. Repete-se o processo até a leitada estar completamente removida.

Antes da aplicação do ligante ou argamassa epóxico deve inspecionar-se todas as superfícies de betão, verificando se elas estão em boas condições e apresentam os inertes grossos descobertos. A necessidade dos inertes grossos estarem descobertos pode ser dispensada no caso do tratamento da superfície se realizar pelo uso da solução ácida.

Todas as superfícies de betão devem estar secas a não ser que seja utilizada uma cola insensível à água. A temperatura da superfície deve ser pelo menos de 5º C para permitir o espalhamento do ligante ou argamassa sobre a superfície de betão e não impedir o normal desenvolvimento da reacção de polimerização.

Deve avaliar-se a humidade contida no betão determinando se essa humidade se concentrará na zona da ligação entre o betão endurecido e o ligante ou argamassa epóxico antes de estas estarem endurecidas. Isto pode ser determinado envolvendo a superfície do betão com uma capa de polietileno. Se a humidade se concentrar no interior da capa de polietileno antes do tempo que seria necessário para a cola ou argamassa epóxico endurecerem, deverá permitir-se ao betão que seque o suficiente para evitar a possibilidade de uma barreira de humidade se vir a formar entre o betão endurecido e a cola ou argamassas epóxico [17], [18], [19] e [20].

4.4.2. Reparações internas

No caso da injeção de fissuras o problema de tratamento das superfícies torna-se mais complicado dada a impossibilidade de utilizar os meios referidos no número anterior. No entanto, temos a vantagem de as superfícies se apresentarem com uma rugosidade satisfatória, havendo necessidade de eliminar as poeiras, óleos e gorduras que eventualmente se tenham depositado. Em fissuras antigas surgem com frequência quantidades elevadas de calcite que convém eliminar [1].

Na maior parte dos casos temos que nos contentar com um desempoeiramento com ar comprimido. As fissuras poderão ainda ser lavadas com água, mas só se tivermos a certeza de poder em seguida eliminar completamente a água inserida, utilizando uma corrente de ar comprimido.



Fig.7 - Limpeza de uma fissura com jacto de ar comprimido

4.5. Limpeza

Devem proteger-se as superfícies de betão, para além dos limites das que estão a receber a cola ou argamassa, contra a possibilidade de derramamento (fig.8).

Imediatamente após a aplicação deve remover-se, qualquer componente do ligante ou da argamassa epóxido aplicado ou derramado, para um local onde não cause

inconvenientes. A limpeza deve efectuar-se com o produto indicado pelo fabricante do material epóxico. Deve evitar-se a contaminação da área de trabalho. Em virtude do grande poder de adesão destes produtos a uma gama variada de superfícies a sua limpeza deve efectuar-se quando a mistura não se encontra ainda endurecida.



Fig.8 - Protecção de uma junta de dilatação com fita adesiva que é retirada após a aplicação

4.6 Segurança

Os compostos epóxico podem ser irritantes ou causar alergias na pele de algumas pessoas. Conforme as situações, deve avisar-se os utilizadores para evitar o contacto com os olhos e a pele, a inalação de vapores e a ingestão. Deve fazer-se equipamento de protecção e segurança utilizável no local de trabalho. O uso de luvas e óculos de protecção é fundamentalmente recomendado (fig.9). Deve proceder-se, ainda, a um conveniente arejamento do local de trabalho. Deve prestar-se atenção a todas as recomendações do fabricante.

5. LIGAÇÃO DE BETÃO ENDURECIDO A BETÃO ENDURECIDO COM UM LIGANTE EPÓXIDO

5.1. Generalidades

Neste número referirei os aspectos específicos relacionados com a ligação de peças de betão endurecido a peças de betão endurecido. Assim, para além do que



Fig. 9 - Equipamento de protecção a utilizar na aplicação de um composto epóxico à pistola.

já foi referido no número 4 e que se aplica na totalidade a esta utilização dos ligantes epóxico há cuidados a observar na aplicação do ligante e na colocação dos elementos a ligar em posições correctas que importa focar [17].

5.2. Aplicação do ligante e colocação dos elementos a ligar em posição correcta

A aplicação do ligante epóxico às superfícies de betão endurecido deve fazer-se com uma brocha, um rolete (fig.10), uma escova, um rolo de borracha (fig. 11) ou um equipamento de projecção (fig. 12), conforme a viscosidade do produto utilizado. A aplicação deve terminar antes de o produto atingir uma viscosidade demasido elevada, ou seja durante a sua duração prática de utilização. O ligante deve aplicar-se com uma espessura suficiente para preencher, completamente, os vazios entre os elemntos a ligar. Se a superfície de aplicação é inclinada ou vertical deve utilizar-se um ligante com uma viscosidade superior para se evitar a perda do produto.

A posição dos elementos a ligar no espaço de tempo necessário para que a cola endureça deve ser a recomendada pelo fabricante.

Se for de prever a ocorrência de movimentos em elementos colocados em algumas posições tais como inclinados ou verticais, deve, temporariamente, esccrar-se e fixar-se esses elementos.

Se o ligante epóxico atingir o ponto de perda de viscosidade antes dos



Fig. 10 - Aplicação de um ligante epóxico com rolêtes

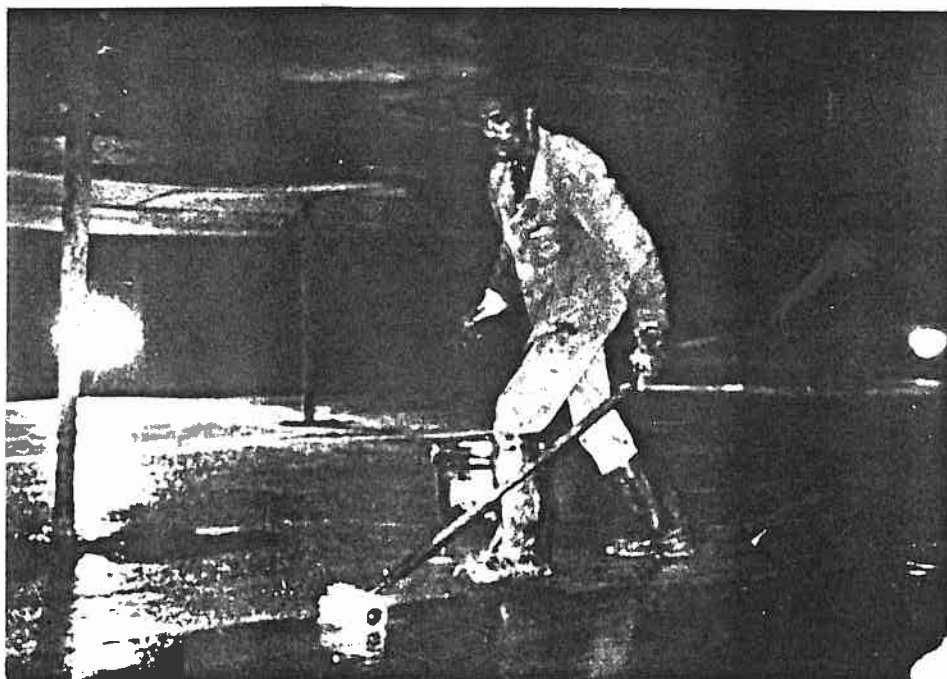


Fig. 11 - Espalhamento de um ligante epóxico com um rolo de borracha

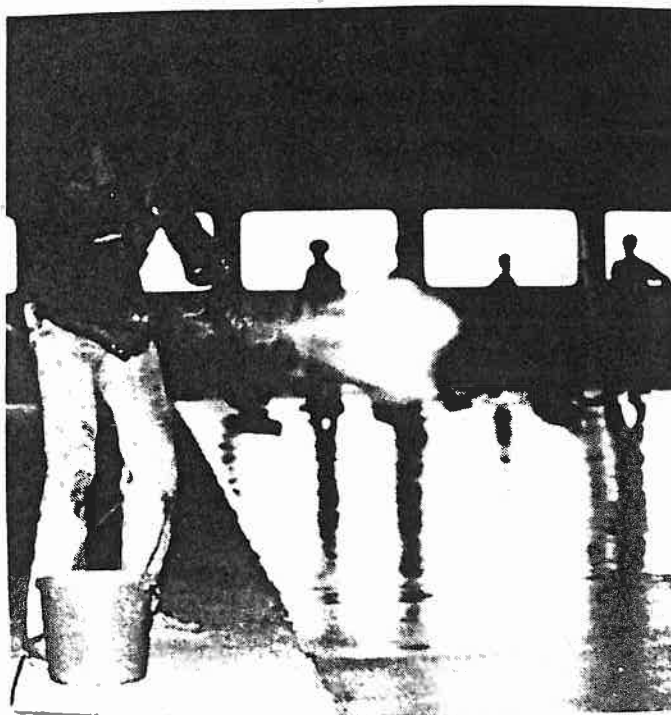


Fig.12 - Aplicação de um ligante epóxico com um equipamento de projecção

elementos a ligar estarem em contacto, deve remover-se ou raspar-se levemente a primeira camada antes da colocação da segunda camada.

Não se deve causar qualquer perturbação aos elementos que foram colados até que o ligante tenha atingido a resistência suficiente.

6. LIGAÇÃO DE BETÃO FRESCO A BETÃO ENDURECIDO COM UM LIGANTE EPÓXIDO

6.1. Generalidades

Para além do que já foi mencionado no número 4 e que se aplica na totalidade à ligação de betão fresco a betão endurecido com um ligante epóxico, vai referir-se neste número os aspectos específicos relacionados com esta aplicação. Assim, interessa focar os cuidados a ter com a aplicação do ligante, com a betonagem e com o controlo de qualidade do trabalho realizado [18].

6.2. Aplicação do ligante e betonagem

A temperatura ambiente é importante durante a aplicação do ligante e betonagem, não deve ser, em caso algum, inferior a 5º C.

A aplicação do ligante epóxico deve fazer-se com uma brocha, um rolete (fig.10), uma escova (fig.13), um rolo de borracha (fig.11) ou um equipamento de projecção (fig.12), conforme a viscosidade do produto utilizado. O ligante deve aplicar-se com uma espessura nunca inferior à recomendada pelo fabricante.

O betão fresco deve ser realizado tal como seja exigido pelo projecto e colocado enquanto a cola ainda estiver viscosa. Se o ligante epóxico atingir o ponto de perda de viscosidade antes da betonagem, deve remover-se ou raspar-se levemente a primeira camada antes da colocação da segunda camada.

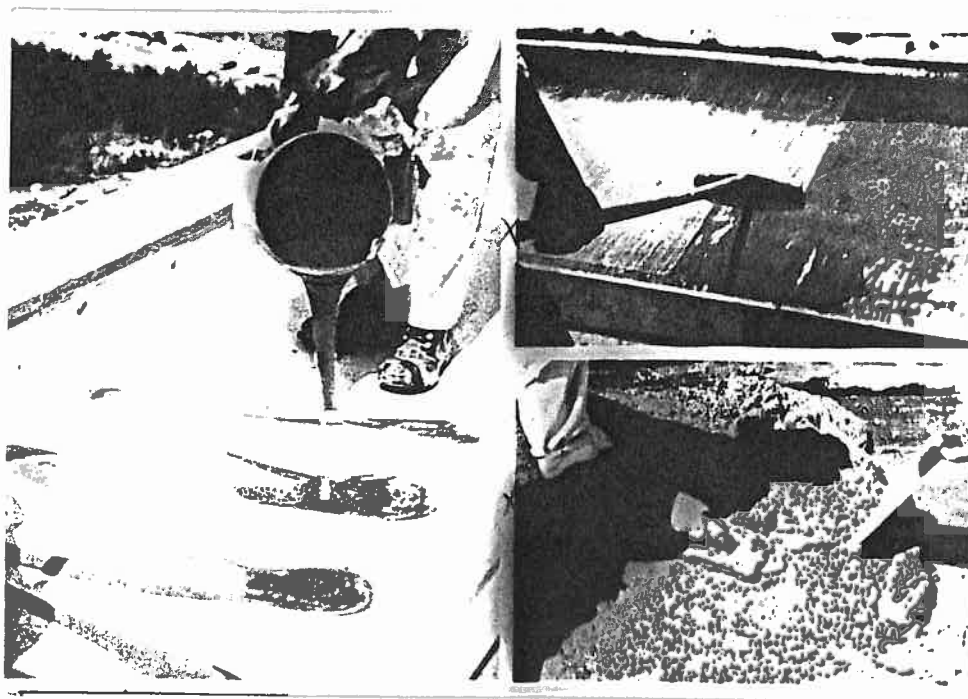


Fig. 13 - Diversas fases da ligação de betão fresco a betão endurecido:
I - Colocação do ligante. II - Espalhamento do ligante com uma escova. III - Betonagem.

O betão fresco deve ser colocado de forma a assegurar a ligação total dos seus constituintes e a evitar a possibilidade de segregação.

Para completar as operações, a cura do betão deve fazer-se de acordo com as normas aplicáveis e respeitando o indicado no projecto.

6.3. Controlo de qualidade do trabalho realizado

Deve avaliar-se a qualidade da ligação do betão fresco ao betão endurecido após aquele ter endurecido pelo menos 28 dias.

A determinação deve realizar-se com um método não destrutivo usando um dos processos seguintes ou outros similares:

- a - bater levemente o betão fresco com um instrumento de metal.
- b - arrastar uma correia de aço pesada ao longo da superfície (só para superfícies horizontais).

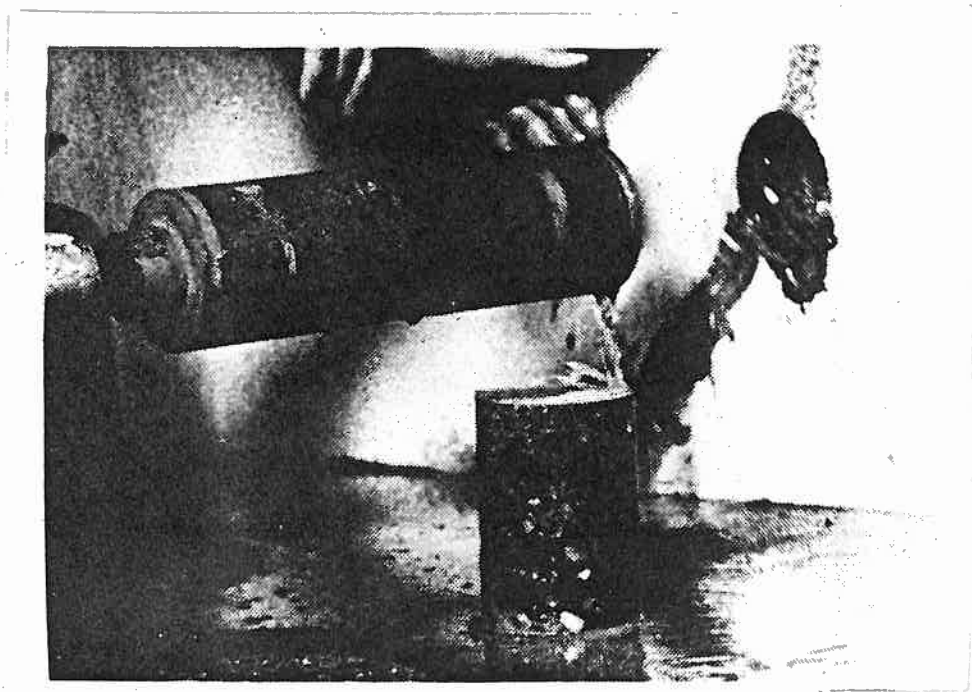


Fig. 14 - Extracção de uma amostra de uma junta de ligação

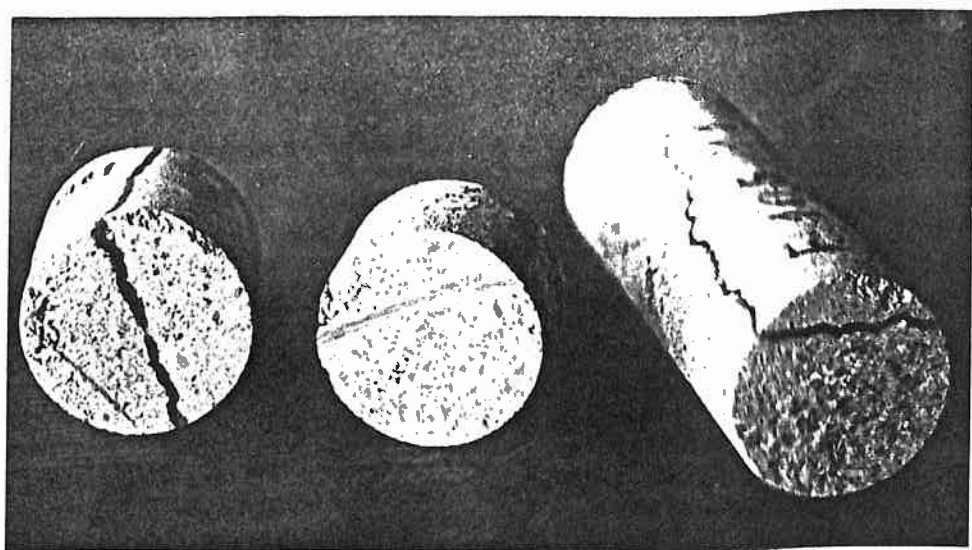


Fig. 15 - Algumas amostras obtidas pelo processo da figura anterior

A detecção de um som oco em qualquer local pode ser razão para suspeitar de uma ligação deficiente e o empreiteiro deve então extrair uma amostra da parte central de cada uma destas áreas, a pedido da fiscalização da obra, para determinar a qualidade da ligação (fig. 14).

A extracção far-se-á através do novo betão e até ao betão existente, sem pre que isso seja possível ou na junta de ligação (fig. 15). O diâmetro da extracção será o requerido pela fiscalização. O comprimento da amostra será o dobro do diâmetro da amostra, o dobro da espessura do betão novo ou como a fiscalização indicar.

As amostras serão inspeccionadas à vista e além disso ensaiadas conforme indicação da fiscalização. Um dos ensaios que poderá fazer-se é o ensaio de compres são segundo uma geratriz (ensaio brasileiro).

7. REPARAÇÃO DE BETÃO ENDURECIDO COM ARGAMASSAS EPÓXIDO

7.1. Generalidades

Descrevem-se os cuidados específicos a observar quando se reparam defeitos em elementos de betão ou se cria uma superfície resistente ao desgaste com uma argamassa epóxido. Para além dos aspectos referidos no número 4, que se devem observar na totalidade nesta aplicação referem-se aspectos relacionados com a colocação e acabamento da argamassa epóxido [20].

7.2 Aplicação da argamassa epóxido

Antes de se referir pormenores relacionados com a aplicação convém acrescentar alguma coisa sobre a mistura dos componentes. No número 4 vimos como se devia executar a mistura da resina e endurecedor, agora trata-se de introduzir um outro componente, uma areia que pode ser de origem siliciosa ou calcária. Em qualquer dos casos, a areia deve ser utilizada seca e deve ter uma granulometria contí nua. O uso de uma areia calcária conduz a argamassas de resina com coeficientes de dilatação linear mais próximos dos do betão de cimento. A metodologia a seguir para a preparação da argamassa epóxido deve ser a seguinte:

- a - mistura dos componentes do ligante à parte e nas condições do número 4
- b - colocação da areia na misturadora que servirá para a preparação da argamassa
- c - introdução do ligante na misturadora, em pequenas quantidades e ao mesmo tempo que a misturadora roda, até à obtenção de uma mistura bem homogénea.

A mistura deve ser bastante cuidadosa para se evitar a presença de grânulos de ligante no interior da argamassa.

Depois de terminada a mistura, aplica-se a argamassa epóxido à superfície de betão com uma colher (fig. 16 e 17), um rolete (fig. 10), um rolo de borracha (fig. 11) ou um equipamento de projecção (fig. 12), tendo o cuidado de preparar produtos com viscosidade adequada ao tipo de aplicação escolhido. A argamassa deve aplicar-se com uma espessura nem superior, nem inferior à recomendada pelo fabricante.



Fig. 16 - Aplicação de argamassa com uma colher em superfície horizontal

Coloca-se a argamassa em obra e consolida-se, cuidadosamente, até que todas as superfícies estejam cobertas pela argamassa.

Dá-se à superfície da argamassa o acabamento desejado como a textura, a cor e a lisura requeridos por cada aplicação específica.

Depois de completar as operações de acabamento deve permitir-se à argamassa uma cura de acordo com as recomendações do fabricante.



Fig. 17 - Aplicação de argamassa com uma colher em superfície vertical

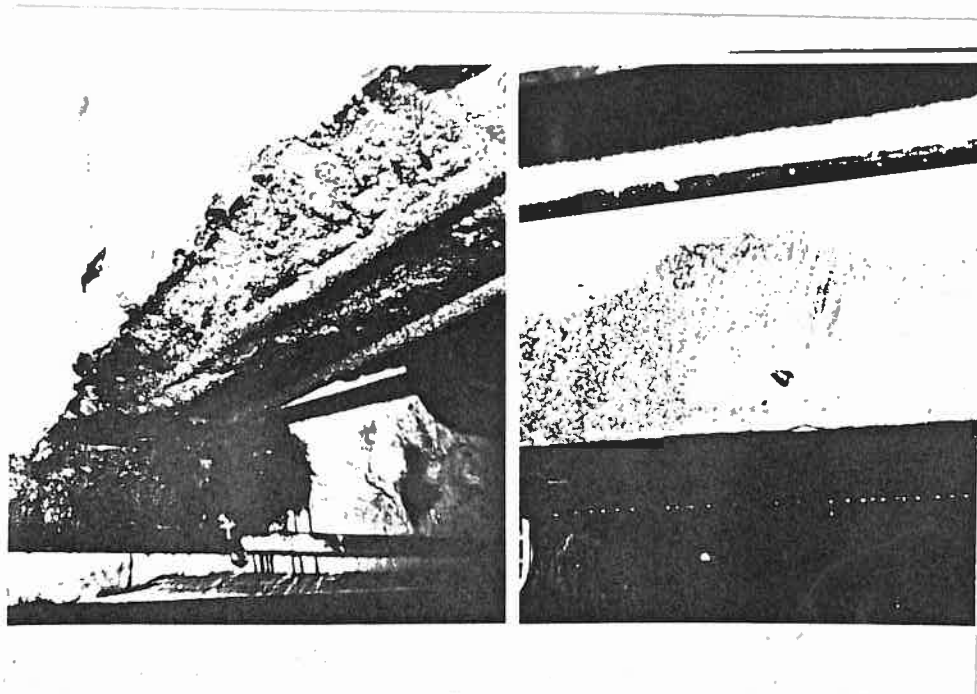


Fig. 18 - Reparação de uma viga de betão armado usando uma argamassa epóxido

8. EXECUÇÃO DE UMA SUPERFÍCIE RESISTENTE AO ESCORREGAMENTO NO BETÃO ENDURECIDO COM UMA ARGAMASSA EPÓXIDO

8.1. Generalidades

Esta aplicação de argamassa de resina tem interesse em certos casos em que a superfície do betão é demasiado lisa para a utilização que se pretende dar-lhe. A criação de uma superfície resistente ao escorregamento com uma argamassa epóxido é mais vantajosa do que com uma argamassa de cimento, dado que se consegue uma maior aderência ao betão e também uma maior durabilidade.

Além dos cuidados gerais a observar quando se usam argamassas epóxido mencionados nos números 4 e 7, referem-se neste número os cuidados específicos da execução de uma superfície resistente ao escorregamento no betão endurecido usando uma argamassa epóxido. Mencionam-se aspectos relacionados com a areia a escolher, com a aplicação da argamassa e com o controlo de qualidade [19].

8.2 Produtos

A areia resistente ao escorregamento deve ter a seguinte granulometria, quando analisada de acordo com [24]:

| Peneiros da série American Society for Testing Materials (ASTM) | Percentagem de Passados (em peso) |
|---|-----------------------------------|
| 1/4 | 100 |
| 6 | 97 - 100 |
| 8 | 55 - 75 |
| 16 | 0 - 3 |

Quando ensaiada na máquina de Los Angeles, segundo [25], dando 500 revoluções a percentagem de material perdido não deverá ultrapassar 20%.

O teor de humidade da areia, determinado de acordo com [26], não deve exceder 0,15%.

8.3. Aplicação da argamassa epóxico

Aplica-se a argamassa epóxico à superfície de betão com uma colher (figs. 16 e 17), um rolete (fig. 10), um rolo de borracha (fig. 11) ou um equipamento de projecção (fig. 12) conforme a sua viscosidade. A argamassa deve aplicar-se com uma espessura uniforme de $1,5 \pm 0,2$ cm.

A areia resistente ao escorregamento deve aplicar-se enquanto a argamassa estiver ainda viscosa e numa quantidade de $6,5 \pm 0,5$ Kg/m².

8.4 Controlo de qualidade

Deve verificar-se se foram aplicadas quantidades de argamassa e areia dentro dos valores especificados e se a areia e a argamassa estão bem ligados. Se não houver a certeza da qualidade da ligação devem efectuar-se ensaios com amostras retiradas por carotagem e que se ensaiam à tracção. A resistência deve ser superior a 0,7 MPa e a rotura deve ser do tipo coesiva no betão. Não são de admitir roturas por desligamento na interface argamassa/betão.

9. APLICAÇÃO DE UM LIGANTE EPÓXIDO EM INJECCÃO DE FISSURAS DE ELEMENTOS DE BETÃO

9.1. Generalidades

Descrevem-se os cuidados específicos a observar quando se usa um ligante epóxico em injeccão de fissuras de elementos de betão. Todos os cuidados gerais referidos no número 4 são aqui aplicáveis. Referem-se, neste número aspectos relativos à preparação e à execução da injeccão [1].

9.2. Preparação da injeccão

Deve dispôr-se de uma abertura de injeccão em cada extremidade da fissura a tratar e colocar outras intermédias ao longo da fissura de maneira a que o seu espaçamento não ultrapasse 30 a 40 centímetros (fig. 19). As peças com que se realizam as aberturas devem ser chumbadas.

Em seguida, tapam-se os bordos da fissura com um ligante epóxico de viscosidade elevada e presa rápida (fig. 20). Se a fissura atravessar toda a peça de betão, convém, igualmente, tapar os bordos da fissura do lado oposto ao da injeccão.

Depois do endurecimento do produto de selagem, deve verificar-se, através

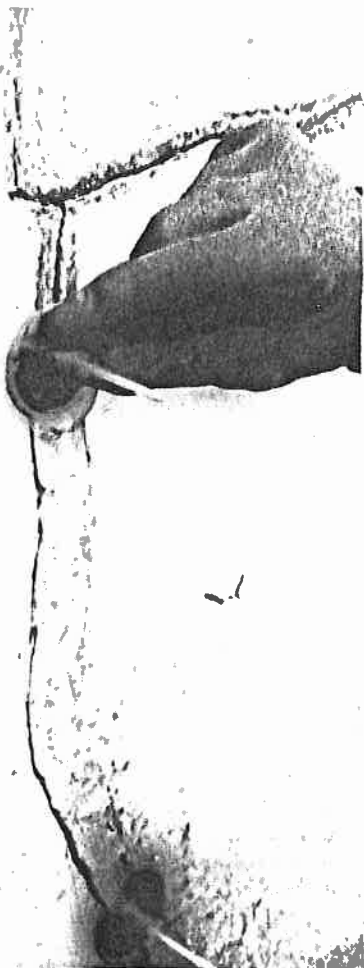


Fig. 19 - Colocação das peças que servirão como aberturas para a injeção

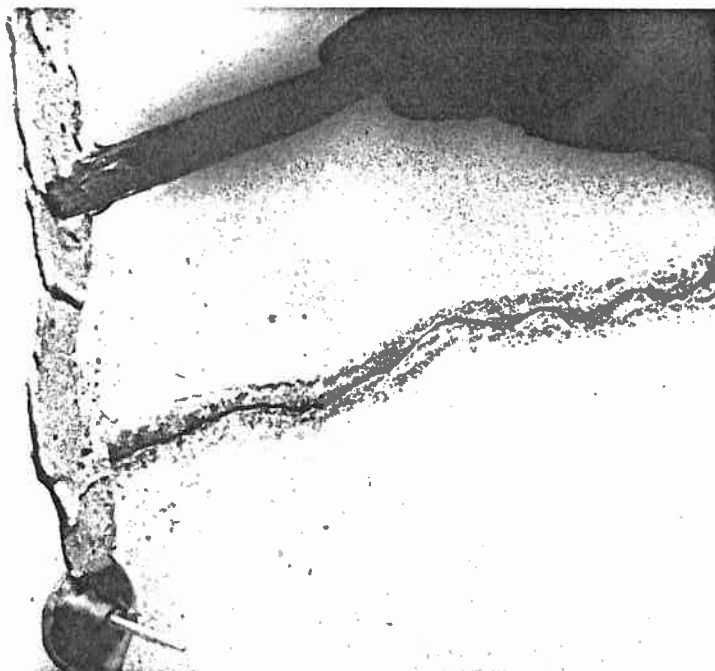


Fig. 20 - Aplicação de um ligante epóxico a selar os bordos da fissura

de injeção de ar comprimido que a fissura não está obturada e que existe uma boa comunicação entre todas as aberturas.

9.3. Injeção

Na medida do possível, devem injectar-se as fissuras no momento em que elas estão com a sua abertura máxima e num período em que a variação de temperatura não seja muito elevada.

Após se ter procedido à mistura dos componentes deve iniciar-se a injeção procedendo da forma seguinte:

- introduzir o ligante de injeção pela abertura colocada na extremidade mais baixa.
- acompanhar a progressão do ligante e fechar as saídas intermédias à medida que o ligante começa a sair por elas.
- prosseguir a injeção, sem interrupção, até que o ligante saia pela abertura da extremidade mais elevada.
- fechar esta última abertura e manter a pressão de injeção durante alguns minutos para se poder assegurar um completo enchimento da fissura.

A pressão de injeção poderá variar segundo a técnica utilizada e o estado do betão. Em todo o caso, é aconselhável trabalhar a uma pressão tão baixa quanto possível, para permitir a difusão do ligante nas ramificações mais finas da fissura e nas porosidades do betão. A pressão de injeção não deve ser nunca inferior a 0,5 MPa (5 bar).

A injeção deve efectuar-se com uma pistola de ar ou de preferência com um aparelho de injeção munido de um manómetro de tal forma que se possa controlar a pressão de injeção.

As ligações com os tubos injectores deverão ser maleáveis e translúcidas. Devem ser de matéria plástica, eventualmente armada para resistir às sobrepressões eventuais e à acção química dos ligantes epóxico.

Os tubos de injeção e as aberturas deverão ser metálicos.

Nas figuras 21 a 26 apresenta-se um equipamento de injeção constituído por um cartucho contendo já a resina e no qual se coloca o endurecedor contido num tubo (fig. 21). Em seguida, mistura-se o conteúdo agitando-se o cartucho, com movimentos circulares, pelo menos 30 vezes (fig.22). Depois coloca-se o cartucho numa pistola de injeção e liga-se, por meio de um tubo, à abertura mais baixa da fissura (fig.23). A injeção deve fazer-se usando um equipamento de pro-

tecção, uma vez que ela se faz sob pressão (fig. 24). A uma temperatura ambiente de 23º C, este ligante comercializado pela Ciba-Geigy, atinge ao fim de cerca de 7 horas uma resistência suficiente (fig.25) para que as peças que se colocaram para realizar as aberturas possam ser removidas e eliminado o ligante utilizado na selagem da fissura (fig. 26).



Fig. 21 - Introdução do endurecedor no cartucho que contém a resina

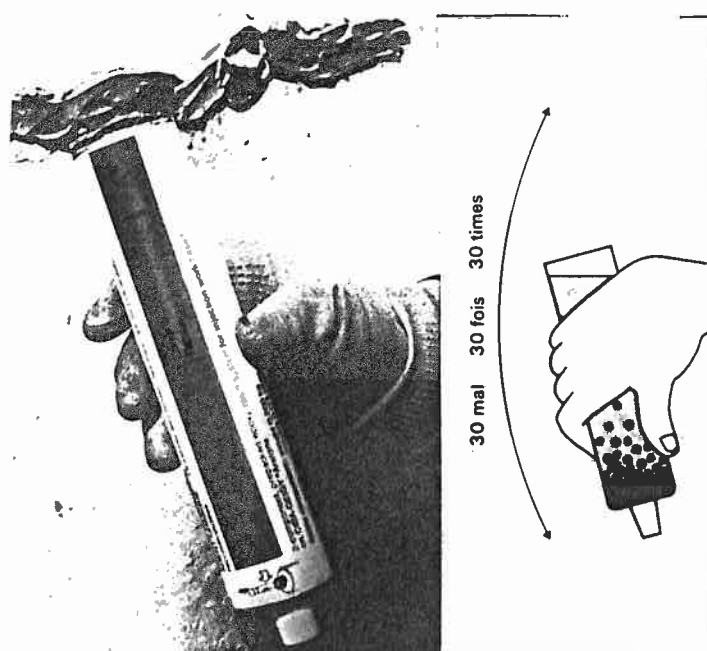


Fig. 22 - Mistura da resina com o endurecedor

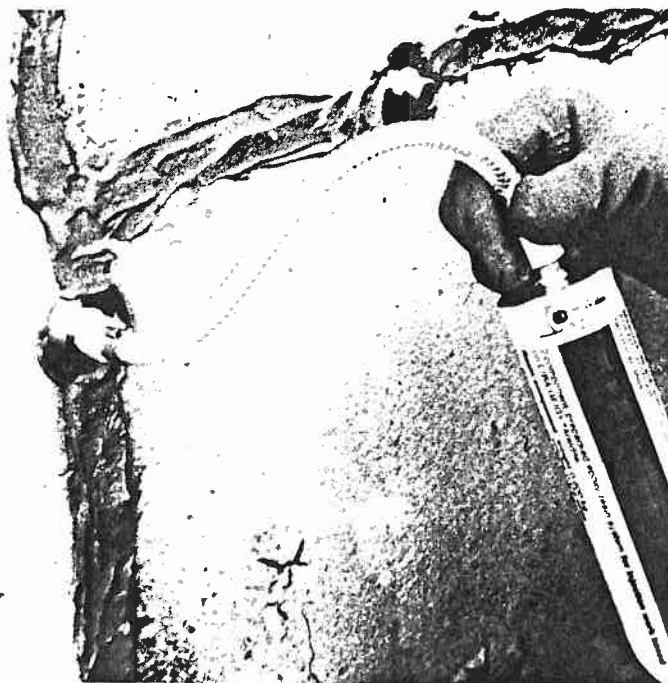


Fig. 23 - Ligação do cartucho a uma abertura da fissura

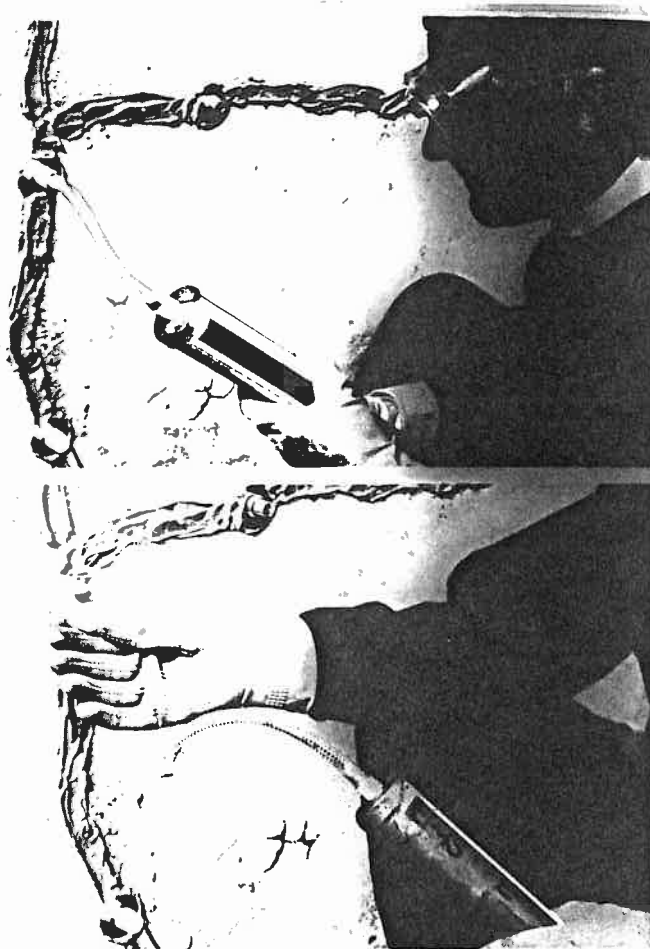


Fig. 24 - Injecção com o cartucho ligado a uma pistola de ar comprimido

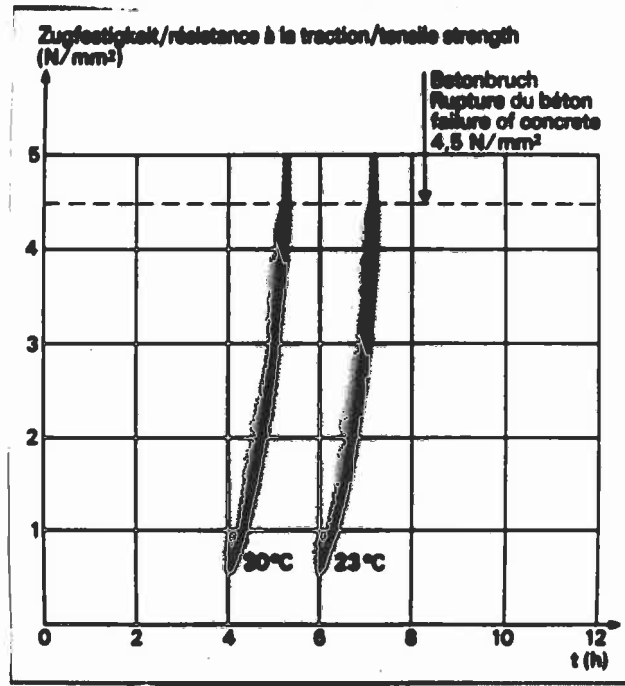


Fig. 25 - Variação da resistência à tracção em função do tempo e da temperatura



Fig. 26 - Eliminação do ligante selante com uma reverbadora de disco

R E F E R Ê N C I A S

- [1] Paillère A.M., Guide pour le choix et l'application des produits de réparation des ouvrages en béton, LCPC, 1977
- [2] Lamouri R., Analyse de la liaison adhésive entre un liant époxydique et le béton hydraulique, Thèse présentée à l'Université Pierre et Marie Curie, Paris, Juin 1984
- [3] Troncy M., Étude de la liaison adhésive entre un liant époxydique et le béton, Mémoire présenté à l'Université de Clermont II, Aubière, Juin 1985
- [4] W. Schulze et M. Munse, Caractérisation de la surface du béton considérée dans le cas d'une liaison béton/résine synthétique, Matériaux de Construction, Vol. 11, n° 63
- [5] J.- M. Tatraux-Paro et W. Bismuth, Vérification par des méthodes statiques et dynamiques de la théorie de l'adhésion sur des phénomènes de rupture, Rhéol. Acta, Vol. 13, N° 2, 1974, 233-235
- [6] L. Sharpe et H. Shanhorn, Chem. Eng. News, 41 n° 564, J. 1972
- [7] R. Mevrel, S. Ponlard, J. Dumiel et M. Vignollet, Tensions de surface et adhésivité, Rhéol. Acta, Vol. 13, n° 2, 1974, 318-322
- [8] Y. Mouton, Réparation des structures en béton fissurées par injection de liants époxydiques, Rapport de recherche LCPC n° 86, Juin 1979
- [9] Introdução ao estudo e ensaio de colas orgânicas, Circular de informação técnica n° 34, LNEC, Agosto 1973
- [10] L.H. Van Vlack, Princípios de ciência dos materiais, Edgard Blücher, Brasil, 1970
- [11] J. Borreill, Étude de la réticulation isotherme, en présence et en absence d'eau, de quelques liants époxydiques utilisés pour la réparation des bétons hydrauliques, Rapport de recherche LCPC n° 124, Septembre 1983
- [12] Y. Mouton, Les liants organiques utilisés en génie civil, I - Notions fondamentales - Nomenclature, Note d'information technique LCPC, Décembre 1976
- [13] Introdução à Engenharia de Polímeros, U.M.
- [14] Norme Française T 76 - 001 Février 1981, Adhésifs vocabulaire

- [15] A.M.Paillère, Y. Rizoulières et Y. Lazzeri, Possibilités d'application des résines époxydiques, Bull. Liaison LCPC 74, nov.-déc. 1974
- [16] Réparation des parements en béton, produits et techniques actuels, Note d'information technique, LCPC 1985
- [17] ACI Standard 503.1-79 - Standard Specification for Bonding Hardened Concrete, Steel, Wood, Brick, and Other Materials to Hardened Concrete with a Multi-Component Epoxy Adhesive
- [18] ACI Standard 503.2-79 - Standard Specification for Bonding Plastic Concrete to Hardened Concrete with a Multi-Component Epoxy Adhesive
- [19] ACI Standard 503.3-79 - Standard Specification for Producing a Skid - - Resistant Surface on Concrete by the Use a Multi-Component Epoxy System
- [20] ACI Standard 503.4-79 - Standard Specification for Repairing Concrete with Epoxy Mortars
- [21] A.M. Paillère et Y. Rizoulières, Procedure et Epreuve d'Evaluation de la Qualité des Produits de Réparation des Structures en Béton, International Symposium, Liège 1984, Future for Plastics in building and in Civil Engineering
- [22] ASTM C 881-83, Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete
- [23] A.M. Paillère et Y. Rizoulières, Réparation des structures en béton par injection de polymères, Essais d'injectabilité à la colonne de sable. Bulletin Liaison LCPC - 96 - juil. - août 1978
- [24] ASTM C 136-83, Standard Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- [25] ASTM C 131-81, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- [26] ASTM C 566-83, Standard Test Method for Total Moisture Content of Aggregate by Drying

I N D I C E

| | PÁG. |
|--|------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. ADESAO | 1 |
| 3. COMPOSTOS EPOXIDO | |
| 3.1 DEFINIÇÃO | 7 |
| 3.2 PROPRIEDADES | 8 |
| 3.3 APLICAÇÕES | 9 |
| 4. CUIDADOS GERAIS A OBSERVAR QUANDO SE UTILIZAM COMPOSTOS EPOXIDO EM PEÇAS DE BETÃO | |
| 4.1 GENERALIDADES | 11 |
| 4.2 ARMAZENAGEM E MANUSEAMENTO DOS PRODUTOS | 12 |
| 4.3 MISTURA DOS COMPONENTES | 12 |
| 4.4 PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES DO BETÃO | |
| 4.4.1 REPARAÇÕES EXTERNAS | 15 |
| 4.4.2 REPARAÇÕES INTERNAS | 16 |
| 4.5 LIMPEZA | 16 |
| 4.6 SEGURANÇA | 17 |
| 5. LIGAÇÃO DE BETÃO ENDURECIDO A BETÃO ENDURECIDO COM UM LIGANTE EPOXIDO | |
| 5.1 GENERALIDADES | 17 |
| 5.2 APLICAÇÃO DO LIGANTE E COLOCAÇÃO DOS ELEMENTOS A LIGAR EM POSIÇÃO CORRECTA | 18 |
| 6. LIGAÇÃO DE BETÃO FRESCO A BETÃO ENDURECIDO COM UM LIGANTE EPOXIDO | |

| | | |
|-----|---|----|
| 6.1 | GENERALIDADES | 20 |
| 6.2 | APLICAÇÃO DO LIGANTE E BETONAGEM | 20 |
| 6.3 | CONTROLO DE QUALIDADE DO TRABALHO REALIZADO | 21 |
| 7. | REPARAÇÃO DE BETÃO ENDURECIDO COM ARGAMASSAS EPOXIDO | |
| 7.1 | GENERALIDADES | 23 |
| 7.2 | APLICAÇÃO DA ARGAMASSA EPÓXIDO | 23 |
| 8. | EXECUÇÃO DE UMA SUPERFÍCIE RESISTENTE AO ESCORREGAMENTO NO BETÃO ENDURECIDO COM UMA ARGAMASSA EPOXIDO | |
| 8.1 | GENERALIDADES | 26 |
| 8.2 | PRODUTOS | 26 |
| 8.3 | APLICAÇÃO DA ARGAMASSA EPÓXIDO | 27 |
| 8.4 | CONTROLO DE QUALIDADE | 27 |
| 9. | APLICAÇÃO DE UM LIGANTE EPOXIDO EM INJECCÃO DE FISSURAS DE ELEMENTOS DE BETÃO | |
| 9.1 | GENERALIDADES | 27 |
| 9.2 | PREPARAÇÃO DA INJECCÃO | 27 |
| 9.3 | INJECCÃO | 29 |
| | REFERENCIAS | 34 |