

TERAPIA DAS CONSTRUÇÕES DE  
CONCRETO

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS EPÓXI DESTINADOS  
À INJEÇÃO DE FISSURAS PASSIVAS DAS ESTRUTURAS DE  
CONCRETO

*ENIO JOSE PAZINI FIGUEIREDO*

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA DE ENGENHARIA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM  
ENGENHARIA CIVIL

Porto Alegre,  
março, 1989

*ENIO JOSE PAZINI FIGUEIREDO*

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA DE ENGENHARIA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM  
ENGENHARIA CIVIL

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto do Lago Helene

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



-----  
Prof. Dr. Paulo Roberto do Lago Helene  
Orientador



-----  
Prof. Dr. Jarbas Milititsky  
Coord. do CPGEC da UFRGS

Banca Examinadora:

- Prof. Paulo Roberto do Lago Helene  
Ph.D. pela USP
- Prof. Ronaldo Tartuce  
M.Sc. pela USP
- Prof. Hélio Adão Greven  
Ph.D. pela Univ. Técnica de Hannover

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	xi
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>CONCEITUAÇÃO DE DESEMPENHO, PATOLOGIA E TERAPIA...6</b>	
2.1 - DESEMPENHO.....	7
2.2 - O APARECIMENTO DAS PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES.....	12
2.3 - PROCEDIMENTO PARA A RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA PATOLÓGICO.....	16
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>CORREÇÃO DE FISSURAS.....20</b>	
3.1 - PROCESSO DE ATUAÇÃO EM CASOS DE FISSURAÇÃO VISÍVEL.....	20
3.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS.....	24
3.2.1 - Fissuras ativas do concreto.....	26
3.2.2 - Fissuras passivas.....	30
3.3 - TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS PARA CORRIGIR FISSURAS ATIVAS E PASSIVAS.....	37
3.3.1 - Fissuras ativas.....	38
3.2.2 - Fissuras passivas.....	44

## CAPÍTULO IV

<b>FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DE SISTEMAS EPÓXI PARA INJEÇÃO DE FISSURAS PASSIVAS.....</b>	<b>47</b>
4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	48
4.2 - FATORES RELATIVOS AO SISTEMA EPÓXI.....	54
4.3 - FATORES RELATIVOS AO SUBSTRATO.....	58
4.4 - FATORES RELATIVOS AO COMPORTAMENTO DA UNIÃO SISTEMA EPÓXI-SUBSTRATO.....	60
4.5 - FATORES RELATIVOS A TÉCNICA DE EXECUÇÃO.....	60
4.6 - FATORES RELATIVOS AO EXECUTANTE.....	62

## CAPÍTULO V

<b>MÉTODOS DE ENSAIO PARA AVALIAÇÃO E CONTROLE DE SISTEMAS EPÓXI PARA INJEÇÃO DE FISSURAS PASSIVAS.....</b>	<b>63</b>
5.1 - ENSAIOS RELATIVOS AO CONJUNTO SISTEMA EPÓXI-SUBSTRATO.....	63
5.2 - ENSAIOS RELATIVOS AO SISTEMA EPÓXI.....	76
5.3 - ENSAIOS RELATIVOS A PREPARAÇÃO DO SUBSTRATO.....	80
5.4 - ENSAIOS RELATIVOS A EXECUÇÃO.....	82
5.5 - ENSAIOS RELATIVOS A MANUTENÇÃO.....	83

## CAPÍTULO VI

<b>EXEMPLO DE AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE SISTEMAS EPÓXI DESTINADOS À INJEÇÃO DE FISSURAS..</b>	<b>84</b>
6.1 - METODOLOGIA.....	84
6.2 - PRODUTOS UTILIZADOS NO TRABALHO.....	85
6.3 - MÉTODO DE ENSAIO.....	86
6.3.1 - Ensaio de penetrabilidade.....	88
6.3.2 - Ensaio de reconstituição do cilindro adaptado..	90
6.4 - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS.....	93
6.4.1 - Resultados obtidos no ensaio de penetrabilidade	93
6.4.2 - Resultados obtidos no ensaio de reconstituição do cilindro adaptado.....	95
6.5 - APRECIACÃO DOS RESULTADOS.....	95
6.5.1 - Apreciação dos resultados obtidos no ensaio de penetrabilidade.....	96
6.5.2 - Apreciação dos resultados obtidos no ensaio de reconstituição do cilindro adaptado.....	104

<b>CAPÍTULO VII</b>	
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>110</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>113</b>
ANEXO I - ALGUMAS NORMAS E RECOMENDAÇÕES RELATIVAS A ENSAIOS EM PRODUTOS DE RECUPERAÇÃO	
ANEXO II - FOTOGRAFIAS DAS PRINCIPAIS ETAPAS DA PARTE EXPERIMENTAL DA DISSERTAÇÃO	
ANEXO III - TIPO DE PRODUTOS UTILIZADOS EM RECUPERAÇÃO E REPAROS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	
ANEXO IV - DESIGNAÇÃO COMERCIAL DOS PRODUTOS ENCONTRADOS NO MERCADO NACIONAL PARA RECUPERAR E RESTAURAR ESTRUTURAS DE CONCRETO	
ANEXO V - INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE OS PRODUTOS UTILIZADOS NA PARTE EXPERIMENTAL DA DISSERTAÇÃO.	

Aos maiores amigos:  
*Maria Eni e Luis Valmir*

## AGRADECIMENTOS

À Paulo Helene, pela orientação, incentivo e amizade durante este período.

À Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC - em especial ao Engenheiro Fernando Recena pela disponibilidade de equipamentos e colaboração na parte experimental da dissertação.

À Puri pela organização do trabalho, mas fundamentalmente pelo estímulo para seguir em frente.

À CAPES, CNPQ e FAPERGS pelo auxílio na forma de bolsa de estudos, bem como auxílio para participação no Curso de Estudios Mayores de la Construcción - Instituto Eduardo Torroja - Espanha, 1988.

Aos colegas do Norie pelo companheirismo.

À UNISINDS por ter possibilitado maior contato com o orientador.

À FOSECO, CIBA-GEIGY, SIKA e OTTO BAUMGART pela atenção prestada e o fornecimento dos produtos utilizados na parte experimental da dissertação.

Aos familiares e amigos que direta e indiretamente ajudaram para que este trabalho se concretizasse.

## RESUMO

A perda do desempenho de uma edificação está associada ao aparecimento de patologias.

A escolha de uma adequada terapia para os problemas encontrados, depende de um diagnóstico preciso do caso.

A fissuração do concreto é alvo deste trabalho, por ser ela uma das manifestações patológicas mais incidentes nas edificações, tanto a nível nacional como mundial.

Nesse trabalho os diversos tipos de fissuras verificadas no concreto são agrupadas em ativas e passivas. Apresenta-se, ainda, os materiais e técnicas de recuperação para corrigir as fissuras dos dois grupos.

Entre as soluções mais adotadas para recuperar os problemas patológicos, as que utilizam sistemas de base epóxi possuem destaque.

O trabalho faz uma discussão sobre os fatores que influenciam o desempenho de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas do concreto e apresenta ensaios que podem ser realizados para garantir o sucesso da técnica.

Ao final, apresenta um exemplo de avaliação de sistemas epóxi, encontrados no mercado nacional, destinados à injeção de fissuras e uma análise dos resultados obtidos.

## ABSTRACT

The low of the performance in a building is associate with the failure appearing.

The selection of a proper therapy for the problems discovered, depends on an accurate diagnosys of the case.

The purpose of this study is the concrete cracking, for it is one the most incident failures in buildings, as much in Brasil as abroad.

In this study, the several types of cracks observed in the concrete are grouped in active and passive. It is also presented materials and techniques for correcting the cracks of both groups.

Among the most adopted solutions for repair failures, these which use epoxy resins, are remarcable.

This study presents a discussion on the factors that affect the performance of epoxy resins destined to the injection of concrete passive cracks, as well as tests that may be carried out to guarantee the technique success.

At last, it presents an example of evaluation of epoxy resins found in the domestic market destined to injection of cracks and an analyses of the obtained results.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1.1 - Distribuição de manifestações patológicas encontradas em pesquisa realizada pelo IPT.
- Figura 1.2 - Incidência relativa dos diferentes tipos de manifestações patológicas atendidas pela CIENTEC.

### CAPÍTULO II

- Figura 2.1 - Esquema de aplicação do conceito de desempenho baseado no CIB W60, 1982.
- Figura 2.2 - Função desempenho ao longo do tempo de vida de uma edificação.
- Figura 2.3 - Reestabelecimento parcial ou completo do desempenho perdido ao longo da vida útil de uma edificação ou componente.
- Figura 2.4 - Evolução dos custos de correção dos problemas no tempo.
- Figura 2.5 - Fluxograma de atuação para a resolução dos problemas patológicos.
- Figura 2.6 - Estrutura do método para a resolução de problemas patológicos.

### CAPÍTULO III

- Figura 3.1 - Procedimento para determinação da movimentação de fissura.
- Figura 3.2 - Processo de atuação em casos de fissuração.
- Figura 3.3 - Fissuras causadas por variação térmica do ambiente.

- Figura 3.4 - Retração, em função do tempo, de concretos conservados em diferentes umidades relativas. O tempo é contado a partir dos 28 dias de cura úmida.
- Figura 3.5 - Fissuras produzidas por retração hidráulica em muro de arrimo e em pórtico de pilares de grande rigidez e pequena rigidez.
- Figura 3.6 - Fissura produzida por retração hidráulica em muro de arrimo e em pórtico de vigas com diferentes taxas de armadura.
- Figura 3.7 - Fissura produzida por retração hidráulica em laje.
- Figura 3.8 - Fissura por assentamento plástico do concreto, devido à restrição da armadura.
- Figura 3.9 - Fissura por assentamento plástico do concreto, devido à restrição do agregado graúdo.
- Figura 3.10 - Fissura por assentamento plástico do concreto, devido à variação de espessura da estrutura.
- Figura 3.11 - Fissura típica de dessecação superficial do concreto plástico.
- Figura 3.12 - Fissura na superfície do concreto devido ao deslocamento da base da forma.H
- Figura 3.13 - Fissura interna e na superfície do concreto devido ao deslocamento da forma.
- Figura 3.14 - Fissuras provocadas por esforços mecânicos de flexão pura, tração pura, cortante (cizalhamento), torção e aderência.
- Figura 3.15 - Fissuras provocadas por esforços mecânicos de funcionamento e compressão axial.
- Figura 3.16 - Detalhe de uma junta, sobre fissura ativa, preenchida com mastique.
- Figura 3.17 - Preenchimento da fissura à começar pelos furos inferiores até o último superior.

## CAPÍTULO IV

- Figura 4.1 - Obtenção da resina epóxi através do petróleo.
- Figura 4.2 - Variação da viscosidade em função do tipo e percentual de diluente.
- Figura 4.3 - Efeito da variação do percentual de cargas ("fillers") no coeficiente de dilatação térmica de um sistema epóxi.
- Figura 4.4 - Preenchimento total da fissura com penetração do sistema epóxi nos poros das paredes da fissura.
- Figura 4.5 - Aparecimento de novas fissuras devido a alta pressão de injeção dos sistemas epóxi em fissuras transversais à armadura, novas fissuras podem aparecer.

## CAPÍTULO V

- Figura 5.1 - Ensaio de injeção em coluna de areia.
- Figura 5.2 - Ensaio de tração por flexão em prismas de concreto.
- Figura 5.3 - Ensaio de cisalhamento em três cubos unidos com um sistema epóxi de injeção.
- Figura 5.4 - Ensaio de reconstituição do cilindro.
- Figura 5.5 - Ensaio de cisalhamento direto.
- Figura 5.6 - Formas possíveis de ruptura verificadas no ensaio de cisalhamento direto.
- Figura 5.7 - Ensaio de flexão sobre prisma vazado e reconstituído.
- Figura 5.8 - Formas possíveis de ruptura verificadas no ensaio de flexão sobre prisma vazado e reconstituído.
- Figura 5.9 - Ensaio de aderência sobre suporte de concreto.
- Figura 5.10 - Formas possíveis de descolamento do cilindro da superfície de concreto no ensaio de aderência sobre suporte de concreto.
- Figura 5.11 - Espectro infravermelho típico de uma resina epóxi comercial.

## CAPÍTULO VI

- Figura 6.1 - Metodologia de avaliação de novos produtos.
- Figura 6.2 - Comportamento da variável profundidade de penetração de um sistema epóxi ao longo do tempo.
- Figura 6.3 - Esquema geral do ensaio de penetrabilidade.
- Figura 6.4 - Esquema geral do ensaio de reconstituição do cilindro adaptado.
- Figura 6.5 - Intervalos em que se encontram as médias das profundidades de penetração de cada grupo de sistema epóxi com uma confiabilidade de 95%.
- Figura 6.6 - Resultados do ensaio de penetrabilidade das três provetas com sistema epóxi do fabricante A.
- Figura 6.7 - Resultados do ensaio de penetrabilidade das três provetas com sistema epóxi do fabricante B.
- Figura 6.8 - Resultados do ensaio de penetrabilidade das três provetas com sistema epóxi do fabricante C.
- Figura 6.9 - Resultados do ensaio de penetrabilidade das três provetas com sistema epóxi do fabricante D.
- Figura 6.10 - Intervalos em que se encontram as médias das tensões de ruptura de cada grupo de sistema epóxi com uma confiabilidade de 95%.

## CAPÍTULO VII

- Figura 7.1 - Modificações sugeridas para o ensaio de penetrabilidade.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

- Tabela 2.1 - Exigências do usuário.
- Tabela 2.2 - Fatores que determinam as condições de exposição a que uma edificação pode estar submetida.

### CAPÍTULO III

- Tabela 3.1 - Dados sobre as fissuras, importantes para a formulação de um diagnóstico preciso.

### CAPÍTULO IV

- Tabela 4.1 - Incidência das soluções adotadas para a correção de problemas patológicos.
- Tabela 4.2 - Comparação das propriedades mecânicas dos sistemas epóxi com as do concreto.
- Tabela 4.3 - Comportamento químico dos sistemas epóxi e do concreto: Resistência a agentes químicos.
- Tabela 4.4 - Resistência química de amostras de sistemas epóxi curados.

### CAPÍTULO V

- Tabela 5.1 - Viscosidades de sistemas epóxi encontrados no mercado brasileiro para injeção de fissuras no concreto.

## CAPÍTULO VI

- Tabela 6.1 - Produtos utilizados no ensaio de injetabilidade.
- Tabela 6.2 - Resultados obtidos no ensaio de penetrabilidade.
- Tabela 6.3 - Resultados obtidos no ensaio de reconstituição do cilindro adaptado.
- Tabela 6.4 - Resultados obtidos no ensaio de penetrabilidade utilizados na análise de variâncias.
- Tabela 6.5 - Análise de variâncias dos resultados obtidos no ensaio de penetrabilidade apresentados na Tabela 6.4.
- Tabela 6.6 - Médias das profundidades de penetração de cada fabricante.
- Tabela 6.7 - Análise de variâncias dos resultados obtidos no ensaio de reconstituição do cilindro adaptado apresentado na Tabela 6.3.
- Tabela 6.8 - Médias das tensões de ruptura de cada fabricante.
- Tabela 6.9 - Quadro resumo do ensaio de penetrabilidade.
- Tabela 6.10 - Quadro resumo do ensaio de reconstituição do cilindro adaptado.

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

### CAPÍTULO III

- Fotografia 3.1 - Fissurômetro: medida da abertura da fissura
- Fotografia 3.2 - Simulação de uma fissura ativa.
- Fotografia 3.3 - Abertura de berço com disco de corte para posterior preenchimento com mastique.
- Fotografia 3.4 - Conferência das dimensões do berço sobre a fissura.
- Fotografia 3.5 - Proteção das bordas do berço com fita crepe. Uso da fita crepe no fundo do berço para que o mastique esteja aderido apenas nas laterais do berço.
- Fotografia 3.6 - Aspecto final da fissura corrigida.

### CAPÍTULO V

- Fotografia 5.1 - Superfície do concreto com o lado esquerdo preparado para receber uma aplicação de epóxi e o lado direito inadequado para receber este tipo de aplicação.

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

O concreto, material imprescindível na construção civil atual, pode, em consequência de uma série de fatores, sofrer diminuição no seu tempo de vida útil.

Estando a estrutura calculada corretamente, as alterações produzidas por fatores internos e muitas das produzidas por fatores externos, não chegam a comprometer a sua segurança. No entanto, existem problemas como incêndios, sobrecargas não previstas, recalques diferenciados do terreno, reações químicas entre os agregados e cimentos que não são previstas no projeto e que podem levar a estrutura a um estado de fissuração, muitas vezes fatal a ela.

A NBR 8802, Concreto Endurecido - Determinação da Velocidade de Propagação de Onda Ultra Sônica, faz a seguinte distinção entre fissura e trinca:

- fissura é a ruptura ocorrida no material sob ações mecânicas ou físico-químicas de até 0,5mm de abertura;
- trinca é a ruptura ocorrida no material sob ações mecânicas ou físico-químicas acima de 0,5mm de abertura;

Contudo, o termo fissura é empregado, no transcurso deste trabalho, de uma forma genérica, podendo indicar trinca.

Nos levantamentos realizados com o intuito de verificar as manifestações patológicas mais incidentes nas construções do Brasil, pode-se observar que a fissuração está sempre presente como uma das de maior incidência.

Em levantamento realizado por IOSHIMOTO<sup>(44)</sup>, pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, em 36 conjuntos habitacionais do estado de São Paulo (vide Figura 1.1) se pode observar que mesmo em edifícios de diferentes idades, a fissuração sempre aparece com uma incidência significativa, não importando o tipo de construção.

TIPO DE EDIFICAÇÃO	IDADE	FORMAS DE MANIFESTAÇÃO		
		UMIDADE	TRINCAS	DESCOLAMENTO DE REVESTIM.
CASAS TÉRREAS	1-3 ANOS	42 %	29 %	29 %
	4-7 ANOS	50 %	25 %	25 %
	8 ANOS	37 %	35 %	28 %
APARTAMENTOS	1-3 ANOS	52 %	35 %	7 %
	4-7 ANOS	86 %	14 %	—
	8 ANOS	82 %	12 %	6 %

Fig. 1.1 - Distribuição de manifestações patológicas encontradas em pesquisa realizada pelo IPT (IOSHIMOTO, 1985)

Também a nível regional, foi realizado por DAL MOLIN<sup>(20)</sup> um levantamento das manifestações patológicas mais incidentes entre os 1615 casos atendidos pela Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC - no estado do Rio Grande do Sul, no período de 1977 à 1986. Pela Figura 1.2, pode-se constatar que 66,01% dos casos atendidos eram casos de fissuração.

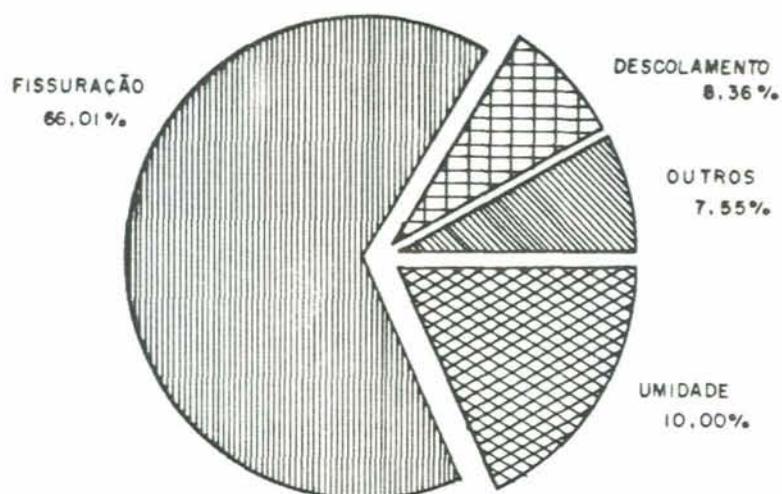


Fig. 1.2 - Incidência relativa dos diferentes tipos de manifestações patológicas atendidas pela CIENTEC (DAL MOLIN, 1988)

Outra pesquisa, realizada por REYGAERTS et alli<sup>(64)</sup> na Bélgica no período de 1976-77, identificou os seguintes percentuais de ocorrência:

Umidade.....	27%
Descolamentos.....	16%
Fissuração.....	12%
Degradação de Superfície.....	11%
Outros.....	34%

Diante dessa situação, cabe aos técnicos realizar trabalhos de recuperação no sentido de eliminar o agente causador e, sempre que possível, corrigir o problema e restabelecer ou aumentar a capacidade resistente do componente estrutural em questão.

A importância do estudo da terapia das fissuras passa fundamentalmente por dois aspectos. O primeiro é que sua correção envolve gastos e, sendo a fissura um fator desencadeante de outros problemas, os recursos necessários à

sua correção aumentam cada vez que ela é protelada. Dentro de um contexto econômico maior, se constata que o valor patrimonial da edificação fica comprometido a medida que seu tempo de vida útil decresce.

Além desses, existe o aspecto antiestético e a sensação de pouca estabilidade que apresenta uma peça fissurada, gerando insatisfação psicológica ao usuário.

Todo trabalho de recuperação de obras de concreto exige, geralmente, um diagnóstico prévio das manifestações patológicas que deram origem ao problema. O conhecimento das causas da deterioração, da sua extensão e da sua atividade é indispensável para a identificação do tipo de intervenção e terapia mais adequada para o caso.

O Capítulo II procura associar o aparecimento de manifestações patológicas com a perda de desempenho de uma edificação. Apresenta ainda uma metodologia abrangente para diagnosticar e resolver problemas patológicos.

No Capítulo III, se discute o caso específico do problema de fissuração, apresentando um encaminhamento para sua correção, bem como técnicas corretivas para as fissuras ativas e passivas.

Atualmente estão ao nosso alcance uma quantidade muito grande de materiais e procedimentos de reparação utilizados para obras de concreto armado e as empresas que trabalham neste setor se encarregam de lançar a todo instante outros produtos e procedimentos.

O levantamento nacional efetuado por CARMONA e MAREGA<sup>(20)</sup>, através de enquete às maiores empresas de recuperação de estruturas, apresenta percentuais de ocorrência de diversas soluções adotadas para corrigir problemas patológicos (Tabela 4.1, do Capítulo IV). Entre os 709 casos levantados constata-se que a solução corretiva com base em resina epóxi ocupa a segunda posição com um percentual de 35%

de ocorrência. Para cada caso levantado pode ter ocorrido mais de um tipo de solução corretiva.

Apesar de muito utilizados os sistemas epóxi são considerados como produtos caros. Para FERNÁNDEZ CÁNOVAS<sup>(27)</sup>, no entanto, o termo caro é relativo, uma vez que eles oferecem rapidez na execução dos trabalhos, segurança da recuperação e, em algumas ocasiões, pode ser o produto tecnicamente mais indicado.

Frente a este panorama, cresce em importância as tentativas de avaliação do desempenho dos materiais e procedimentos utilizados nas recuperações.

Entretanto, antes de se avaliar, é necessário que se tenha analisado todos os fatores que podem influenciar o desempenho do produto. No Capítulo IV se faz uma discussão sobre os fatores que influenciam o desempenho de sistemas epóxi destinados à injeção em fissuras passivas do concreto.

O Capítulo V apresenta métodos de ensaio e controle para a avaliação de características importantes dos sistemas epóxi em trabalhos de injeção.

Finalmente, no Capítulo VI, é apresentado um método de ensaio, que se soma aos apresentados no capítulo anterior, para avaliar os sistemas epóxi quanto a sua capacidade de devolver o monolitismo à peças de concreto e sua habilidade de penetrar.

## CAPÍTULO II

### CONCEITUAÇÃO DE DESEMPENHO, PATOLOGIA E TERAPIA

Diante de problemas patológicos se faz necessário o diagnóstico da situação para, só assim, apresentar uma terapia adequada à correção do problema.

Para a elaboração de um diagnóstico adequado é necessário ter conhecimentos dos conceitos de desempenho, patologia e terapia.<sup>11</sup>

O desenvolvimento de novas técnicas de construção, a utilização de novas ferramentas de projeto (advento do computador, por exemplo) e o aparecimento de novos produtos ou mesmo de um maior conhecimento dos materiais tradicionais deram origem a novas concepções estruturais.

Com estes novos recursos, os projetistas podem arriscar um pouco mais e com isto projetar soluções com maiores vãos ou com estruturas mais delgadas, extrapolando em muitos casos o conhecimento do que já foi executado e o que já foi comprovado, ou em contra partida, não fazer uso das inovações e atrasar o desenvolvimento tecnológico.

Tratando-se das inovações dentro da construção civil, o que se observa é que os novos produtos e as novas tecnologias começaram a ser empregadas em substituição do tradicional sem que se tivesse um total conhecimento de suas principais características<sup>12</sup>.

Como resultado, se vem observando nos últimos anos que no geral os edifícios estão apresentando um desempenho

insatisfatório, não atendendo de forma completa as expectativas do usuário.

Para ADDLESON<sup>(41)</sup> é pouco provável que as patologias possam ser completamente evitadas. No entanto elas podem ser amenizadas se, como WIGGLESWORTH e FREEMAN citados por ADDLESON<sup>(41)</sup> tem sugerido, existir menos desprezo à avaliação técnica prévia das inovações ou se mais confiança houver nas recomendações disponíveis para uma boa prática nas construções.

Apesar da consciência deste problema, nota-se que estão sendo investidos poucos recursos para a pesquisa destinada a melhorar a qualidade das construções e recursos ainda menores para a pesquisa dos meios para resolver os problemas das construções existentes (motivo maior desta dissertação).

Segundo LICHTENSTEIN<sup>(51)</sup> a reversão desta situação deve passar necessariamente pela mobilização, organização e motivação dos usuários.

No entanto, a consciência qualitativa de que existem problemas nas construções e que estes são responsáveis pelo desempenho insatisfatório apresentados pelas edificações, não basta. É necessário a quantificação dos problemas a nível de incidência e gravidade e o estabelecimento de uma metodologia para sua resolução<sup>(51)</sup>.

A necessidade atual é a de avaliar a edificação, um componente ou um material em condições de uso bem definidas, de modo a se poder verificar a satisfação ou não das exigências relativas a sua utilização<sup>(9)</sup>.

## 2.1 - DESEMPENHO

O desenvolvimento do conceito de desempenho dá origem a uma metodologia de grande aceitação no meio técnico para a avaliação da edificação ou mesmo de suas partes.

A norma ISO/DP 6240-1980, citada por JOHN<sup>(46)</sup>, define desempenho como "o comportamento de um produto em uso".

A Figura 2.1 baseada no CIB W60<sup>(40)</sup> e desenvolvida por JOHN<sup>(46)</sup>, apresenta esquematicamente a aplicação do conceito de desempenho.

Como pode ser observado na Figura 2.1, a comprovação de um produto, elemento ou componente se dá mediante o atendimento de certas exigências, requisitos e critérios identificados antes do início de cada etapa.

O primeiro passo é a identificação e caracterização das exigências do usuário, pois é fundamentalmente para ele, usuário, que se criam e se desenvolvem as edificações.

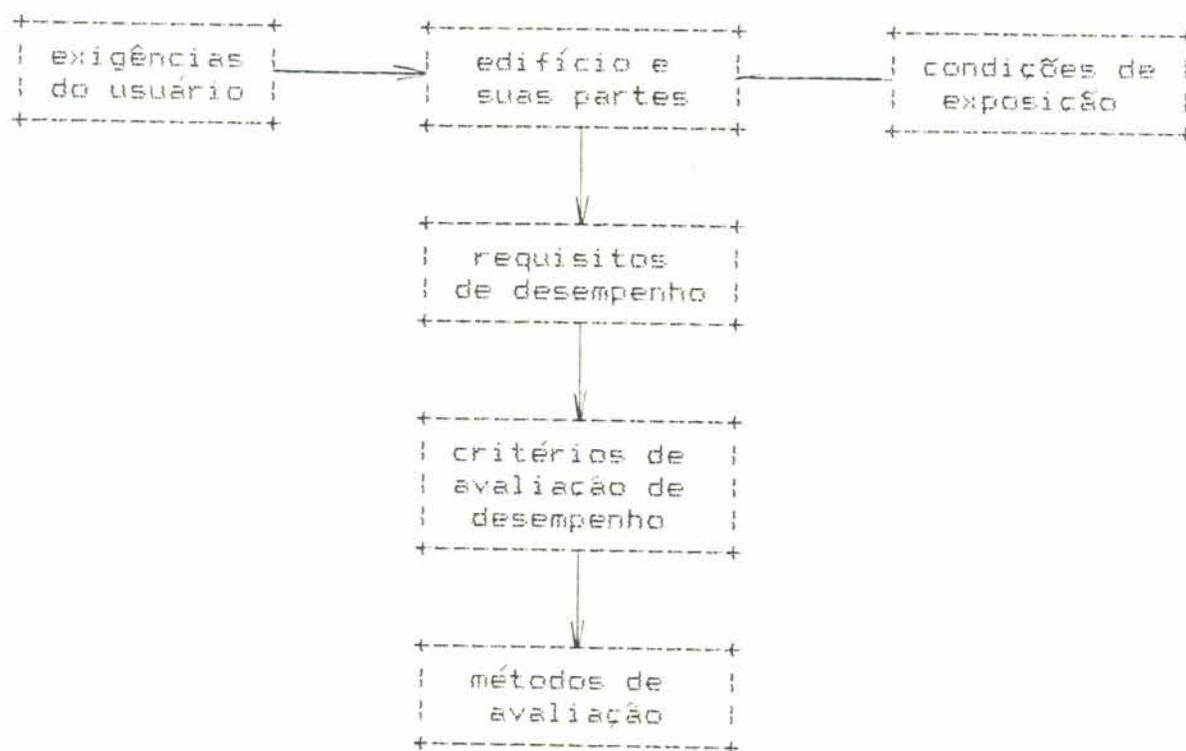


FIGURA 2.1 - Esquema de aplicação do conceito de desempenho baseado no CIB W60, 1982

A Tabela 2.1 da norma ISO DP 6241, extraída de BAUER<sup>(9)</sup>, apresenta 14 exigências básicas dos usuários que, junto com as exigências impostas pelo meio ambiente, servem de subsídios para a formação dos requisitos de desempenho.

Somados as exigências dos usuários, as condições de exposição a que a edificação, componente ou material está submetido, se completa o grupo de fatores que traduzidos para requisitos podem condicionar as características que estes devem apresentar.

A ASTM E 632-78 citada por JOHN<sup>(46)</sup> apresenta uma série de fatores que traduzem os diferentes modos de exposições que uma edificação pode estar submetida.

Estes fatores externos, apresentados na Tabela 2.2 afetam de maneira desfavorável no desempenho da edificação, componente ou material, fazendo com que estes se degenerem ao longo do tempo.

TABELA 2.1 - Exigências do usuário (BAUER, 1987)

EXIGÊNCIA	DESCRIÇÃO
1. Segurança estrutural	Estabilidade e resistências mecânicas
2. Segurança ao fogo	Limitações do risco de início e propagação de incêndio, segurança do usuário
3. Segurança a utilização	Segurança do usuário e segurança a intrusões
4. Estanqueidade	Estanqueidade aos gases, líquidos e sólidos
5. Conforto higrotérmico	Temperatura e umidade do ar e das paredes
6. Atmosféricas	Pureza do ar e limitações de odores
7. Conforto visual	Aclaramento, aspecto dos espaços e das paredes, vista para o exterior
8. Conforto acústico	Isolamento acústico e nível de ruídos
9. Conforto tátil	Eletricidade estática, rugosidade, umidade, temperatura da superfície
10. Conforto antropodinâmico	Esforços de manobras
11. Higiene	Cuidados corporais, abastecimento de água, eliminação de matérias usadas
12. Adaptação a utilização	Número, dimensões, geometria e relações de espaços e equipamentos necessários
13. Durabilidade	Conservação do desempenho ao longo do tempo
14. Economia	Custo inicial e custo de manutenção e reposição durante o uso

TABELA 2.2 - Fatores externos que determinam as condições de exposição a que uma edificação pode estar submetida (JOHN, 1987)

1.	FATORES ATMOSFÉRICOS
	. Radiação
	solar
	nuclear
	térmica
	. Temperatura
	elevação
	depressão
	ciclos
	. Água
	sólida (tal como neve, gelo)
	líquido (tal como chuva, condensação, água estagnada)
	vapor (tal como umidade relativa elevada)
	. Constituintes normais do ar
	gases (tal como óxidos de nitrogênio e enxofre)
	neblinas (tal como partículas finas em suspensão,
	sais, ácidos, álcalis dissolvidos na água)
	partículas (tal como areia, poeira, impurezas)
	. Gelo -- degelo
	. Vento
2.	FATORES BIOLÓGICOS
	. Microorganismos
	. Fungos
	. Bactérias
3.	FATORES DE CARGA (STRESS)
	. Esforço de sustentação contínuo
	. Esforço periódico
	. Esforço randômico
	. Ação física da água como chuva, granizo e neve
	. Ação física do vento
	. Combinação da ação física do vento e da água
	. Movimento de outros agentes, como veículos
4.	FATORES DE INCOMPATIBILIDADE
	. Químicos
	. Físicos
5.	FATORES DE USO
	. Projeto do sistema
	. Procedimentos de instalação e manutenção
	. Desgaste por uso normal
	. Abuso no uso

Os requisitos assim formulados são expressões qualitativas das propriedades a serem alcançadas de maneira a atender as exigências do usuário.

Seguindo o esquema apresentado na Figura 2.1, após a formulação dos requisitos de desempenho, passa-se para a tentativa de quantificar os requisitos anteriormente formulados, se não todos pelo menos os de maior expressão dentro do que se quer averiguar.

Segundo o CIB W60<sup>(18)</sup>, critério de desempenho é uma padronização através da qual a adequação de uma solução pode ser julgada. Os critérios de desempenho são, em última análise, características quantificadas de desempenho e que formam um parâmetro para a aceitação do item analisado.

Com estes critérios os fabricantes de materiais e componentes, construtores e usuários podem dispor características quantificadas dos diversos itens que envolvem a edificação, ou mesmo dela como um todo, verificando por comparação o desempenho do produto que está em suas mãos.

Os métodos de avaliação são os meios pelos quais se pode quantificar os critérios de desempenho.

O capítulo VI, desta dissertação, apresenta um método de avaliação do comportamento de sistemas epóxi destinados a injeção de fissuras passivas no concreto.

## 2.2 - O APARECIMENTO DAS PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES

As patologias nas construções são tão antigas quanto as próprias construções, podendo-se dizer que ambas nasceram juntas. Na Mesopotâmia, a quatro mil anos atrás, o código de Hammurabi já assinalava cinco regras para a prevenção dos defeitos nas construções, sendo portanto o primeiro tratado que se fez sobre Patologia das Construções<sup>(19)</sup>.

No Brasil, no entanto, o estudo da patologia, de uma forma mais sistemática, tem uma história bastante recente.

Pode-se ressaltar como um ponto marcante para a sistematização do estudo, o ciclo de palestras realizado no Rio de Janeiro em 1972 sob o título de "Patologia das Estruturas: um desafio à engenharia"<sup>(14)</sup>.

O estudo da patologia das construções de forma mais sistemática possibilitou, entre outras coisas, fazer uma associação entre a perda do desempenho com o aparecimento e desenvolvimento de problemas nas construções.

A Figura 2.2 extraída do CIB W60<sup>(18)</sup> mostra como um gradual declínio no desempenho, típico de muitos tipos de materiais, leva a uma inaceitabilidade no momento em que este ultrapassa, no sentido desfavorável, uma linha imaginária de desempenho mínimo exigido.

O desempenho insatisfatório é gerado pelo desgaste da edificação ou de partes dela ou ainda por problemas de difícil previsão como incêndios, sobrecargas não previstas, recalques diferenciados do terreno, reações químicas entre os agregados e cimento.

Como consequência surgem problemas patológicos acompanhados de suas manifestações. Na introdução desta dissertação foram apresentadas algumas das manifestações patológicas mais incidentes na construção civil atual.

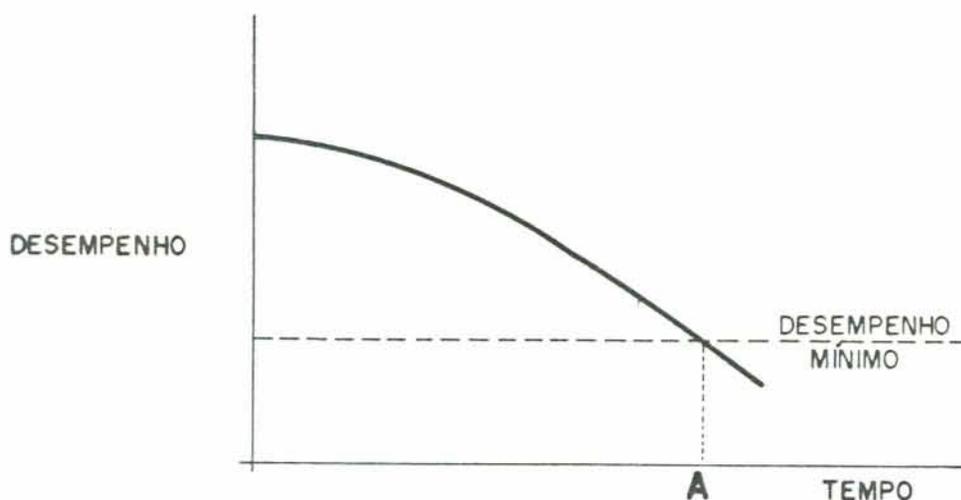


Fig. 2.2 - Função desempenho ao longo do tempo de vida de uma edificação

Para HELENE<sup>(41)</sup>, patologia das construções pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, o mecanismo, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõe o diagnóstico do problema.

Uma vez detectado o problema que atinge a edificação ou parte dela e ainda conhecendo-se todos os fatores que envolvem a situação, pode-se, seguindo uma certa metodologia, intervir afim de eliminar ou amenizar o problema patológico existente.

A Figura 2.3 retirada do CIB W60<sup>(40)</sup> mostra como a intervenção pode restabelecer parcial ou completamente o desempenho perdido ao longo da vida útil de uma edificação ou componente, atrasando o momento em que esta atinja um patamar mínimo exigido pelos usuários.

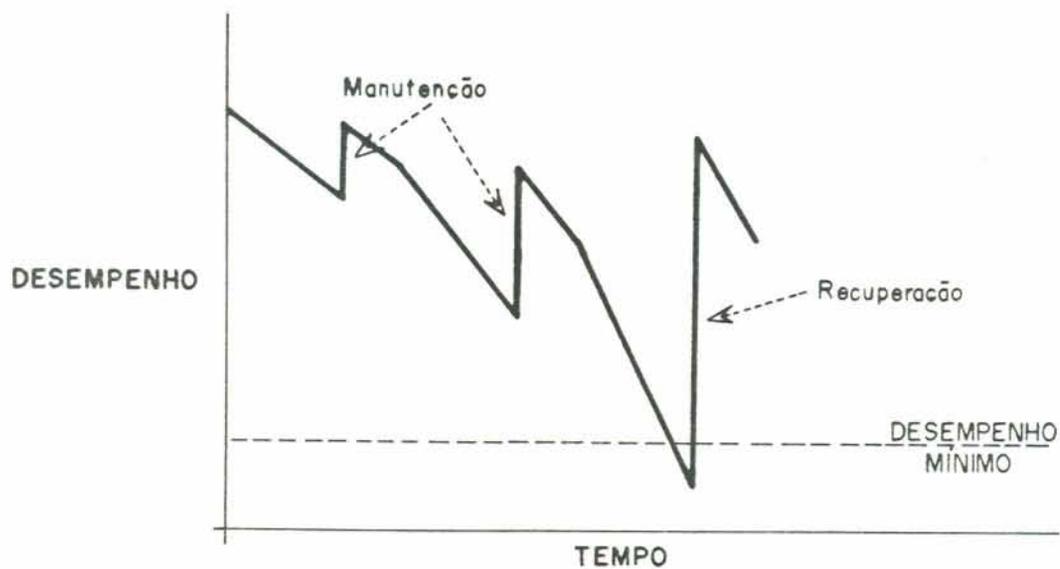


Fig. 2.3 - Restabelecimento parcial ou completo do desempenho perdido ao longo da vida útil de uma edificação ou componente (CIB W60, 1982)

Quanto mais cedo forem executadas as correções, mais duráveis, fáceis e muito mais baratas elas serão. A Figura 2.4 mostra que quanto mais tarde se corrige um problema patológico, maiores serão os custos da intervenção.

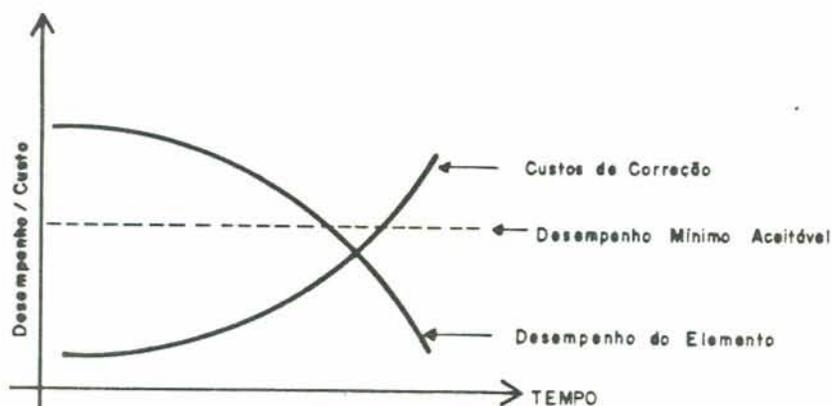


Fig. 2.4 - Evolução dos custos de correção dos problemas patológicos no tempo (HELENE, 1988)

No momento em que se deseja restabelecer o desempenho perdido surge uma nova ciência que, de forma sistematizada, ainda está sendo bem pouco estudada. A ciência da terapia das construções assume este papel, pois cabe a ela estudar a correção e a solução dos problemas patológicos.

### 2.3 - PROCEDIMENTO PARA A RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA PATOLÓGICO

Está sendo discutido neste capítulo a questão dos edifícios ou parte deles que, em não apresentando um desempenho mínimo pré-estabelecido, não atendem as exigências dos usuários.

Coloca-se então a necessidade de devolver este desempenho perdido a partir da aplicação de uma metodologia.

Um processo bastante completo é o apresentado por HELENE<sup>(46)</sup> mostrado na Figura 2.5. Outros autores como ALLEN and EDWARD<sup>(49)</sup> e BAUER<sup>(40)</sup>, também apresentam encaminhamentos para a resolução de problemas patológicos, tendo em comum com o de HELENE o fato de serem procedimentos de caráter genérico. Diferente desses é o fluxograma da Figura 3.2 do capítulo III

onde é apresentada uma conduta específica para os problemas de fissuração.

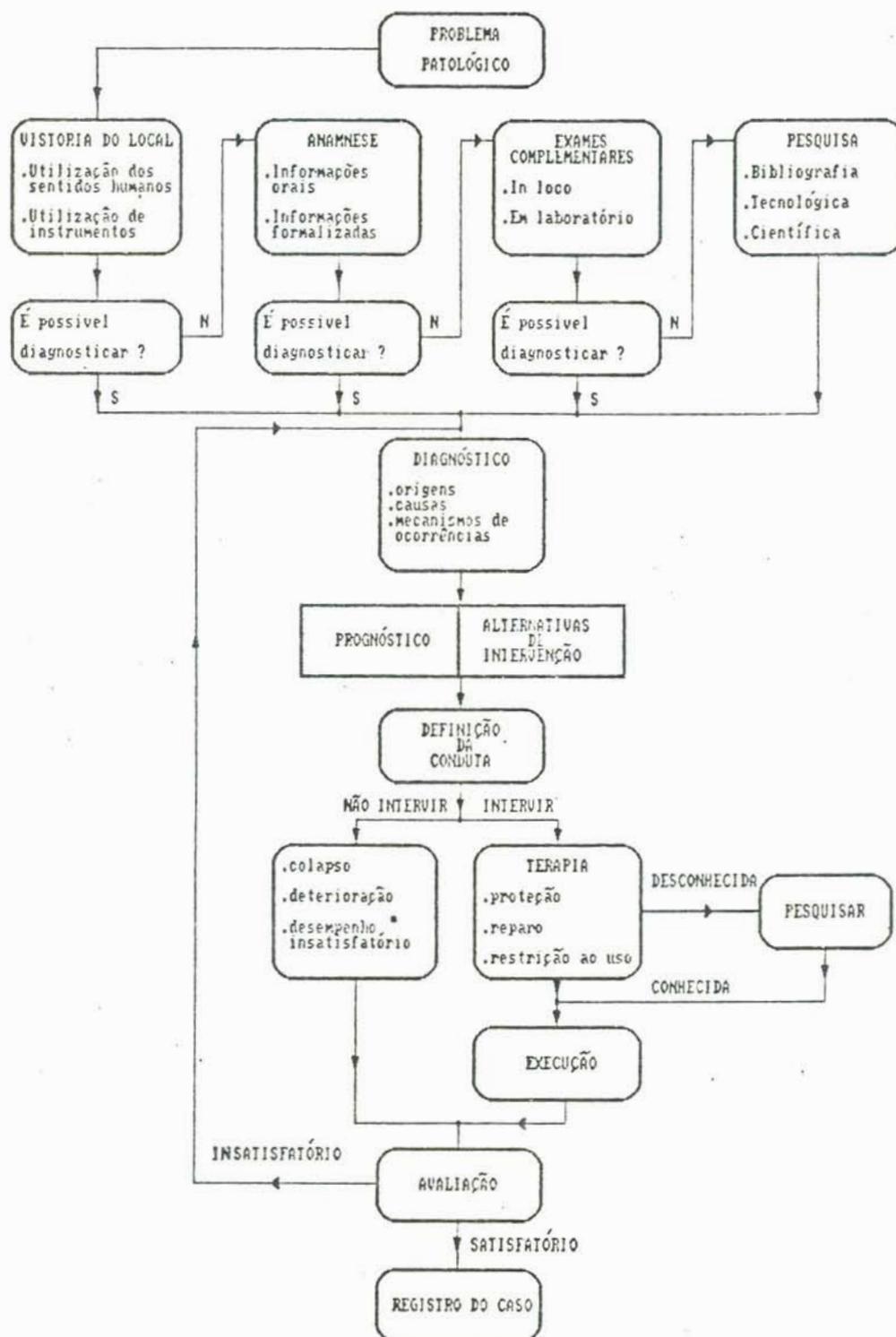


Fig. 2.5 - Fluxograma de atuação para a resolução dos problemas patológicos (HELENE, 1988)

LICHTENSTEIN<sup>(51)</sup> subdividiu o fluxograma apresentado na Figura 2.6 em três partes distintas.

#### Parte 1 - Levantamento de subsídios:

Esta parte abrange todos os itens ligados ao levantamento de subsídios. Através das informações obtidas é que se pode entender o problema e diagnosticá-lo. As informações são obtidas através de quatro formas: vistoria do local, anamnese (levantamento da história do problema e do edifício), exames complementares (no laboratório ou no local) e pesquisa (caso não se tenha informações suficientes do problema).

#### Parte 2 - Diagnóstico da situação:

O diagnóstico da situação é o esclarecimento completo do problema patológico. Através dele se pode entender e identificar as múltiplas relações de causa e efeito que podem fazer parte do fenômeno em questão. É o ponto fundamental para a decisão do sistema corretivo a empregar.

#### Parte 3 - Definição da conduta:

Como se pode observar na Figura 2.6 esta parte envolve as alternativas de intervenção juntamente com um prognóstico a respeito destas alternativas a fim de poder identificar a terapia mais adequada para o caso.

Nesta parte já são definidos os materiais, mão de obra e equipamentos para resolver o problema, bem como prever as consequências em termos de desempenho final.

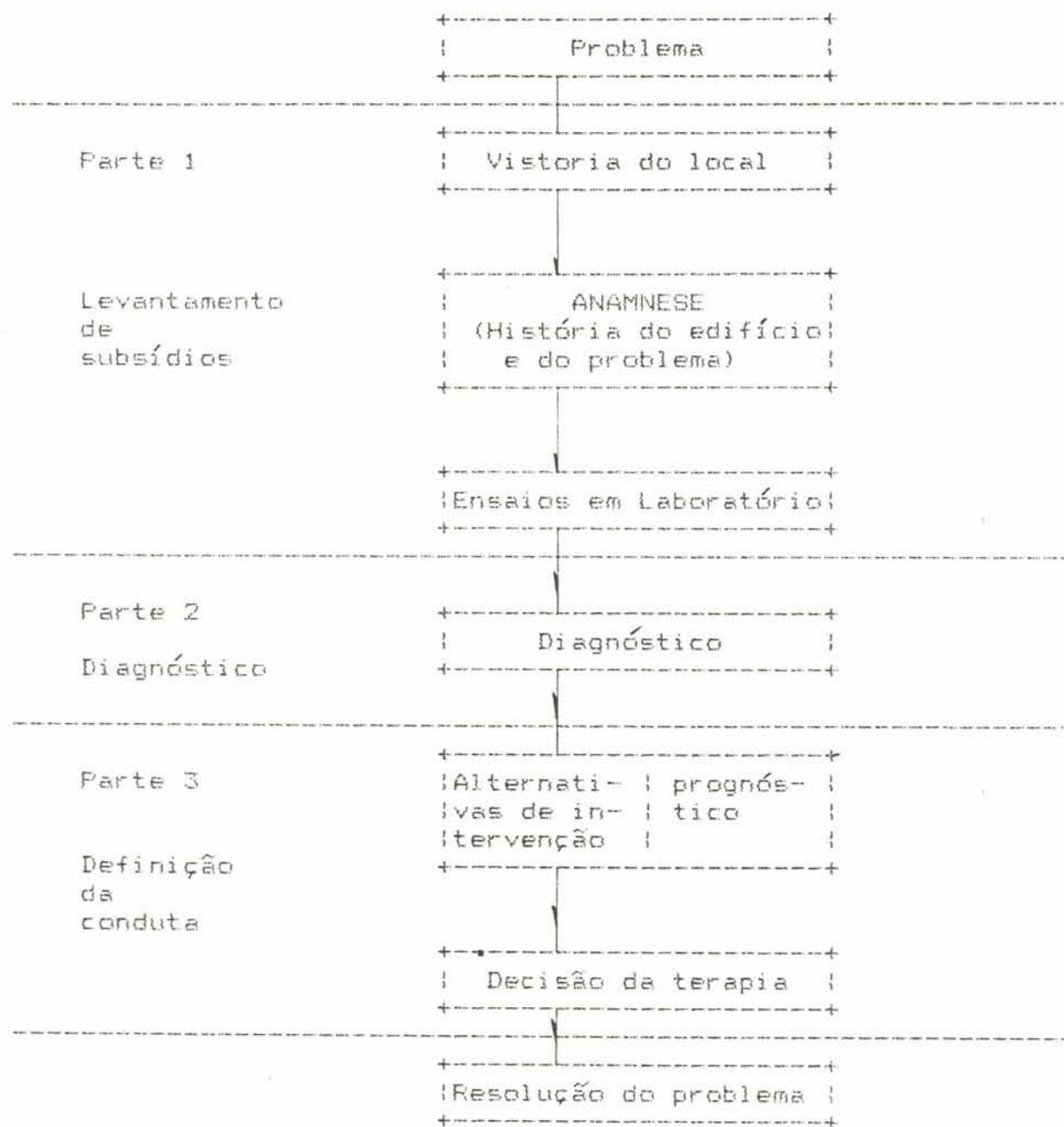


FIGURA 2.6 - Estrutura do método para a resolução de problemas patológicos (LICHTENSTEIN, 1985).

## CAPÍTULO III

### CORREÇÃO DE FISSURAS

#### 3.1 - PROCESSO DE ATUAÇÃO EM CASOS DE FISSURAÇÃO VISÍVEL

Como já foi visto na introdução, entre as manifestações patológicas mais incidentes nas construções, se encontra a fissuração.

No entanto, para FALCÃO BAUER<sup>(10)</sup>, elas poderiam ser evitadas, ou pelo menos minimizadas, desde que atendidas as normas gerais sobre concreto armado estabelecidas para Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado - NBR 6118, Cálculo e Execução de Estruturas em Concreto Protendido - NBR 7197 e demais procedimentos para construções.

Para GARCÍA MESEGUER<sup>(24)</sup>, a fissuração é como a febre nos doentes, pois nos indica que algo anormal está acontecendo.

Para saber em que consiste e a que se deve essa anormalidade, é fundamental que se conheça todos os mecanismos que envolvem o problema.

A Tabela 3.1 apresenta uma série de itens que, em última análise, representam um conjunto de características de um caso de fissuração, fundamentais para a formulação de um diagnóstico preciso.

A detecção dos sintomas das fissuras, sua identificação e características, sua evolução e controle e sua estabilização, se possível, são importantes para a determinação da terapia mais adequada para o caso.

GEOMETRIA	TRACADO / ABERTURA / PROFUNDIDADE LIGADOS A ARMADURA OU NÃO RELAÇÃO COM A GEOMETRIA DO ELEMENTO
DESENHO	INTERGRANULAR / TRANSGRANULAR / MISTO PROPORÇÃO DE GRÃOS ATRAVESSADOS OU RODEADOS FISSURA SUJA OU LIMPA
APARECIMENTO	ANTES / DURANTE / DEPOIS DA CURA ANTES / DEPOIS DE TERMINADA A OBRA / OBRA EM SERVIÇO DIA E HORA DA 1ª APARIÇÃO ( SENDO POSSÍVEL )
EVOLUÇÃO	FISSURA ATIVA (VIVA) OU PASSIVA (MORTA) VARIAÇÕES DE - ABERTURA - COMPRIMENTO
LOCALIZAÇÃO	TIPO DE ELEMENTO (S) , ORIENTAÇÃO SOLAR COMPARAÇÃO COM ELEMENTOS ANÁLOGOS RITMO GERAL DA OBRA RITMO DE ABASTECIMENTO DE - CIMENTO - OUTROS COMPONENTES - CONCRETO
ORIGEM	AMBIENTE EXTERIOR MECÂNICO - ESTÁTICO - DINÂMICO FÍSICO QUÍMICO

Tabela 3.1 - Dados sobre as fissuras, importantes para a  
formulação de um diagnóstico preciso  
(GARCIA MESEGUER, 1988)

JOHNSON<sup>(47)</sup> adverte que antes de diagnosticar um caso, convém atentar ao fato que, a menos que a causa da fissuração seja evidente, não se deve parar no meio da análise do processo. Vários agentes, atuando ao seu modo, podem ser a origem do problema, sendo inútil analisar o caso com respeito a um, sem levar em consideração os demais.

Uma fissura no concreto não deve ser reparada sem que antes se conheçam todos os fatores que envolvem o problema e

sem que se faça uma reflexão sobre esses fatores, sob pena de se realizar trabalhos inapropriados e desnecessários.

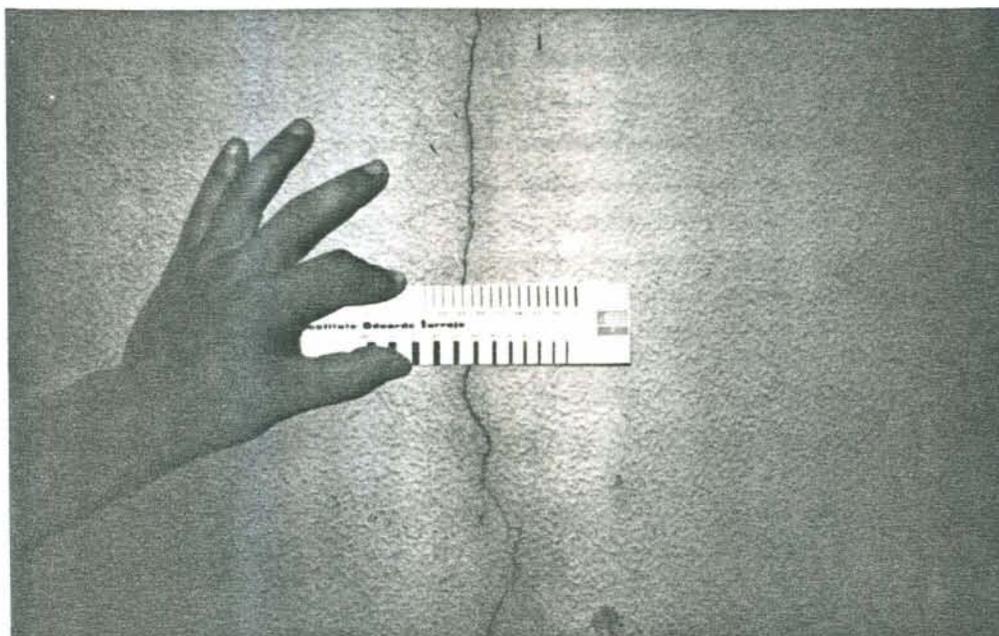
Algumas fissuras, dependendo da abertura máxima e do ambiente a que estão expostas, não chegam a afetar a durabilidade e o desempenho estrutural do componente danificado.

A NBR 6118<sup>(1)</sup>, considera a fissura como nociva quando sua abertura na superfície do concreto ultrapassa os seguintes valores:

- 0,1mm para peças não protegidas em meio agressivo;
- 0,2mm para peças não protegidas, em meio não agressivo;
- 0,3mm para peças protegidas.

Um dado imprescindível para o conhecimento da causa de uma fissura, bem como para a escolha do material mais adequado de correção é a movimentação verificada na sua abertura ou comprimento. Um primeiro modo para se verificar a movimentação de uma fissura é a utilização de selos de gesso de aproximadamente 3mm de espessura e com as dimensões de um cartão de apresentação. Esse selo fica aderido às paredes laterais da fissura, como mostra a Figura 3.1a, em posição transversal ao desenho da mesma. Como a resistência a tração do gesso é muito baixa, qualquer movimentação da estrutura é suficiente para que o selo se rompa. Outro procedimento, porém mais rigoroso, consiste em colocar duas referências fixas em ambos os lados da fissura. Essas referências podem ser plaquetas de metal com uma semi-esfera soldada no seu centro, onde são encaixados os extremos de um alongômetro que aprecia centésimos de milímetros de movimentação. As plaquetas são aderidas com adesivo a base de epóxi. O esquema do procedimento está na Figura 3.1b.

A abertura da fissura pode ser medida com o emprego do fissurômetro, Fotografia 3.1. O fissurômetro é uma escala feita de cartolina plastificada.



Fotografia 3.1 - Fissurômetro: medida da abertura da fissura

Para obter as informações contidas na Tabela 3.1, se exige, em alguns casos, um conhecimento e uma experiência relativamente grande, sendo conveniente recorrer, nesses casos, a centros especializados. Com isso não se invalidam as informações já registradas pelo técnico que vem acompanhando a obra, pelo contrário, tais informações representam valiosa contribuição para o diagnóstico do problema.

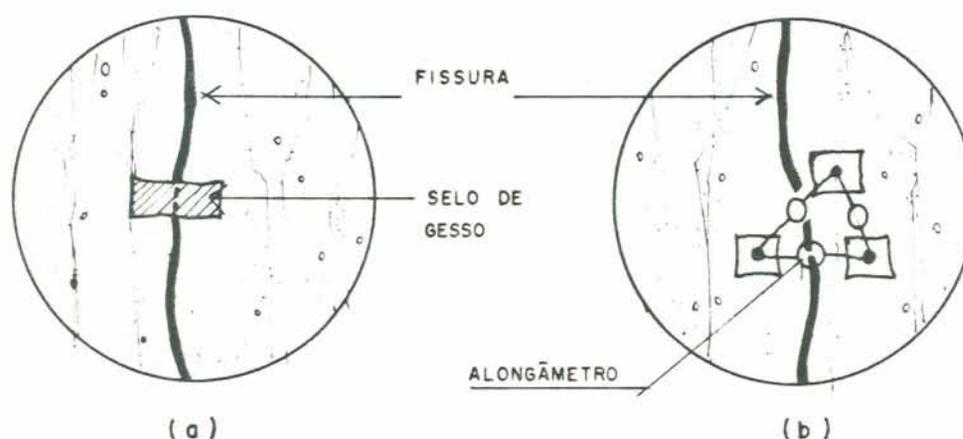


Fig. 3.1 - Procedimentos para a determinação da movimentação da fissura

Na Figura 3.2, se apresenta um fluxograma de atuação, sugerido por GARCÍA MESEGUER<sup>(98)</sup>, para casos de fissuração visível.

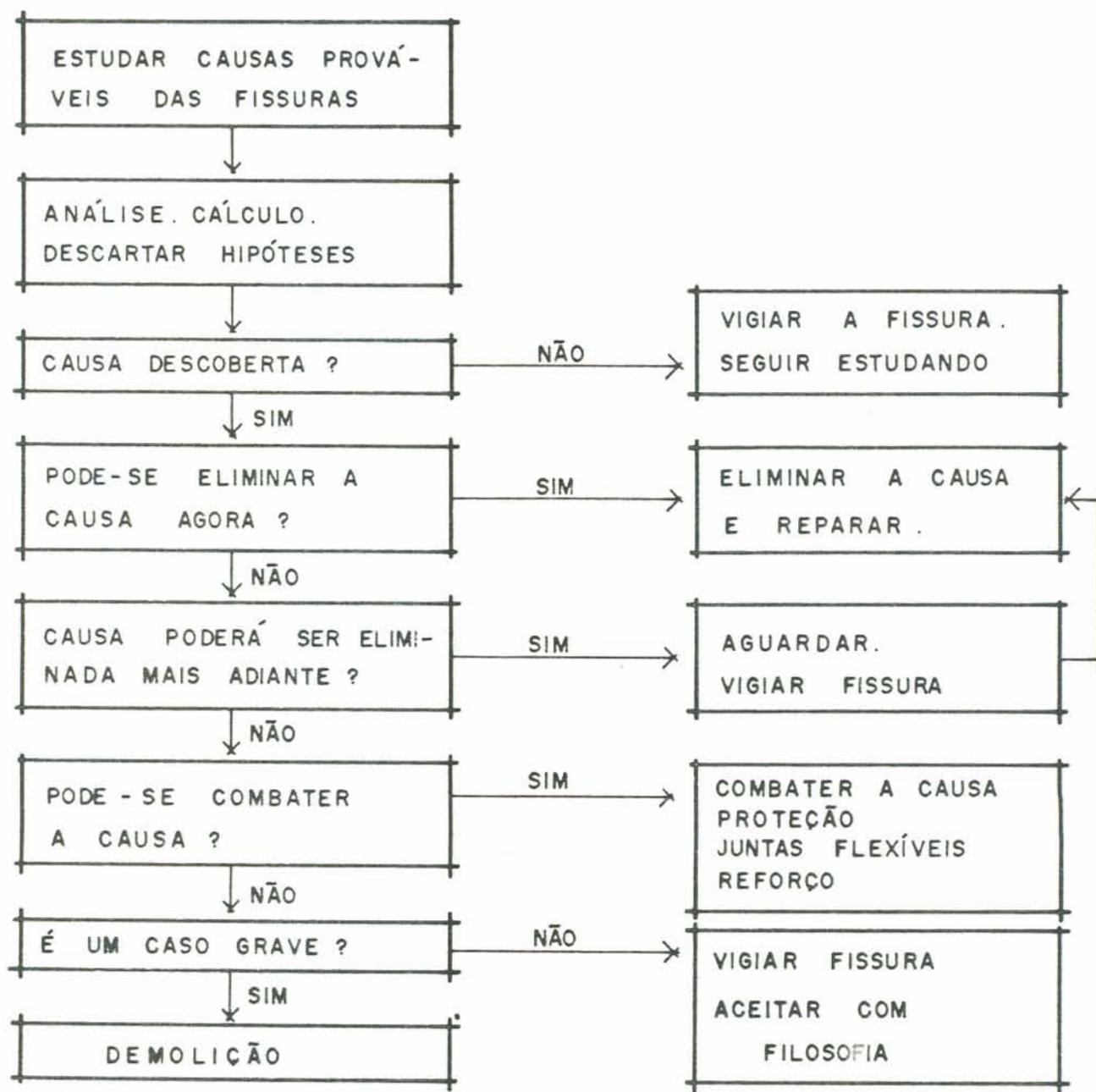


Fig. 3.2 - Processo de atuação em casos de fissuração  
(GARCÍA MESEGUER, 1985)

### 3.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS

As fissuras são identificadas de acordo com suas origens e classificadas segundo o momento em que aparecem no concreto, podendo ser no concreto em estado plástico ou

endurecido, ou segundo sua atividade na estrutura, podendo ser ativa ou passiva.

Na primeira forma de classificação, no concreto plástico ou endurecido, se observou, na bibliografia, que existe uma distribuição de todos os tipos de fissuras verificadas no concreto em uma das duas divisões. No entanto, na segunda classificação, os autores apenas exemplificam com um ou dois tipos de fissuras, os casos de fissuras ativas ou passivas.

Em um trabalho em que o objetivo é tratar da terapia das fissuras, parece ser mais sensato a classificação das fissuras de acordo com a atividade que ela exerce na estrutura, uma vez que esta é fator determinante do tipo de material e tratamento empregado na sua correção.

São denominadas Fissuras Ativas ou Vivas, aquelas que apresentam movimentos, especialmente os de variações de abertura e comprimento. Neste grupo se incluem as fissuras que, ao longo de sua vida na estrutura danificada, terão sempre movimentos, sem que isso represente, após ser tratada, um perigo de ruptura para a estrutura.

Fissuras Passivas ou Mortas são as que estão estabilizadas, ou seja, apresentam sempre o mesmo comprimento e abertura. São fissuras originadas por fatores que, ou já foram eliminados antes da correção, como por exemplo as fissuras devido a problemas estruturais, ou se extinguíram naturalmente, como por exemplo as fissuras de retração plástica.

As fissuras que possuem uma atividade temporária, como as de retração por secagem, mas que após um certo tempo adquirem um caráter passivo, serão consideradas como fissuras ativas, uma vez que é na fase ativa que elas devem receber o tratamento corretivo. Cabe salientar que o adiamento da correção de uma fissura pode tornar o que era uma simples e econômica medida terapêutica em uma intervenção mais complexa e com custos mais elevados.

Não é objetivo desta dissertação apresentar os mecanismos de ocorrência dos vários tipos de fissuras. Este aspecto está muito bem abordado em trabalhos como o de THOMAZ<sup>(72)</sup> e DAL MOLIN<sup>(80)</sup>. O objetivo é separá-las de forma que se possa identificar pela classificação os materiais e as técnicas mais apropriadas de correção para cada tipo de caso.

### 3.2.1 - FISSURAS ATIVAS DO CONCRETO

Estão dentro desta classificação as seguintes fissuras:

#### a) Variação térmica

Das fissuras originadas devido a variações térmicas, apenas as decorrentes de mudanças nas condições ambientais se enquadram na classificação de fissura ativa.

As decorrentes do calor de hidratação do cimento, que eleva a temperatura do concreto produzindo gradientes térmicos entre as suas diferentes camadas, e as devidas a incêndios, são classificadas como passivas, após estabilizadas, evidentemente.

A importância das variações térmicas diz respeito a contração das peças estruturais. A contração gera esforços de tração que, se for maior que a resistência à tração do concreto, pode resultar no aparecimento de fissuras. As dilatações geradas pelas variações térmicas, não possuem a mesma importância, pois produzem esforços de compressão, aos quais o concreto possui maior resistência.

As figuras 3.3a e 3.3b mostram respectivamente um caso de fissuração térmica em laje devido a expansão térmica das vigas de apoio e outro devido a variação térmica em paredes com impedimento da fundação.

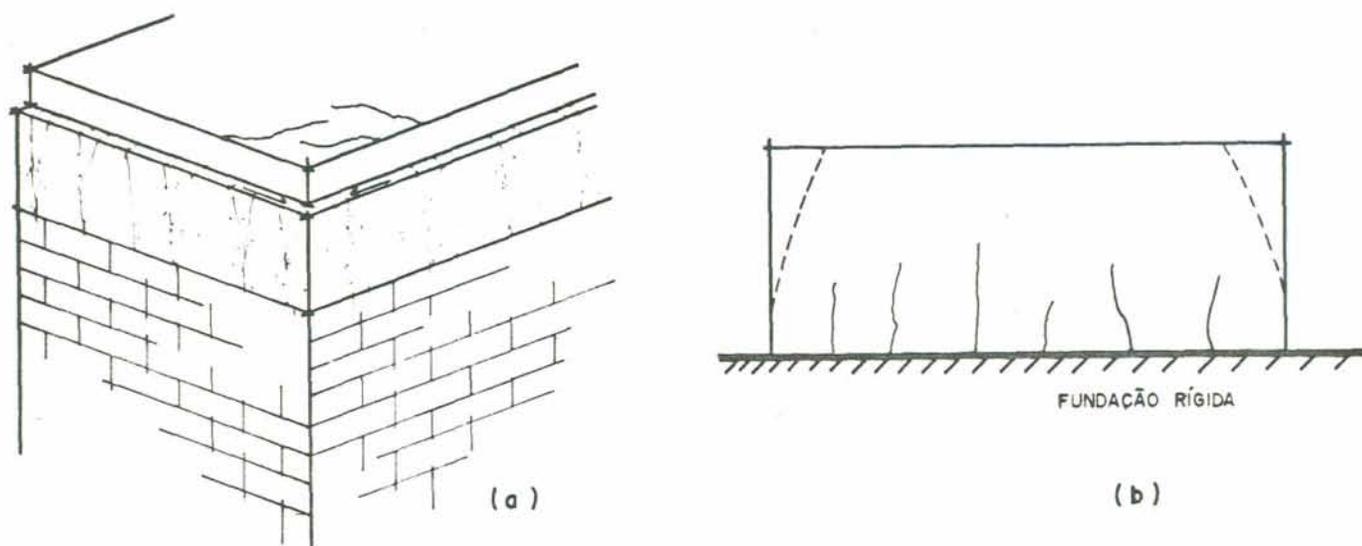


Fig. 3.3 - Fissuras causadas por variação térmica do ambiente  
(DAL MOLIN, 1988 e ISAIA, 1984)

#### b) Retração por secagem ou hidráulica

A retração por secagem provém da contração volumétrica da pasta endurecida, devida à saída da água do concreto conservado em ar não saturado. Uma parte desta retração é irreversível, enquanto a outra, decorrente da conservação do concreto em ambiente ora seco, ora úmido, é variável<sup>(20)</sup>.

A Figura 3.4, mostra como a umidade relativa do ar exerce influência sobre a retração do concreto, podendo-se observar que o concreto retrai no ar não saturado e expande em menor escala, quando a umidade é de 100%.

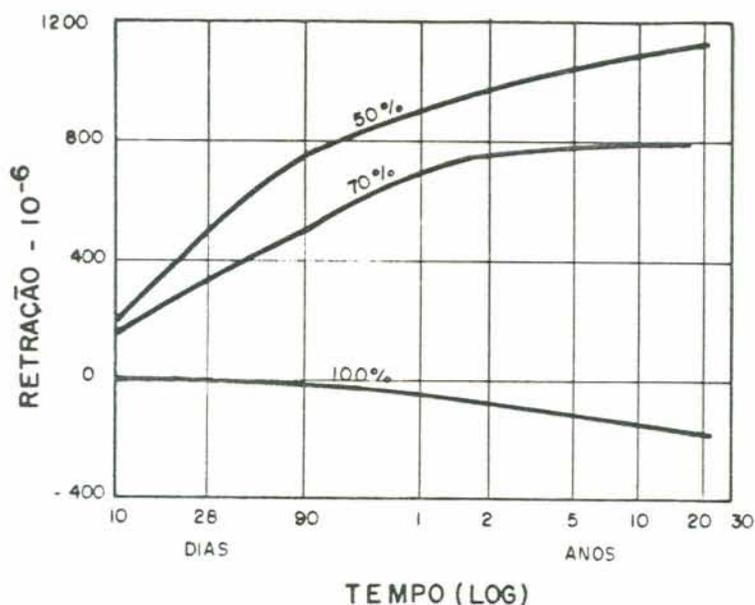


Fig. 3.4 - Retração, em função do tempo de concretos conservados em diferentes umidades relativas. O tempo é contado a partir dos 28 dias de cura úmida (TROXELL et alli, citados por NEVILLE, 1982)

Este fenômeno tende a estabilizar-se com o passar do tempo.

As Figuras 3.5, 3.6 e 3.7 mostram casos típicos de fissuras devido a retração hidráulica.

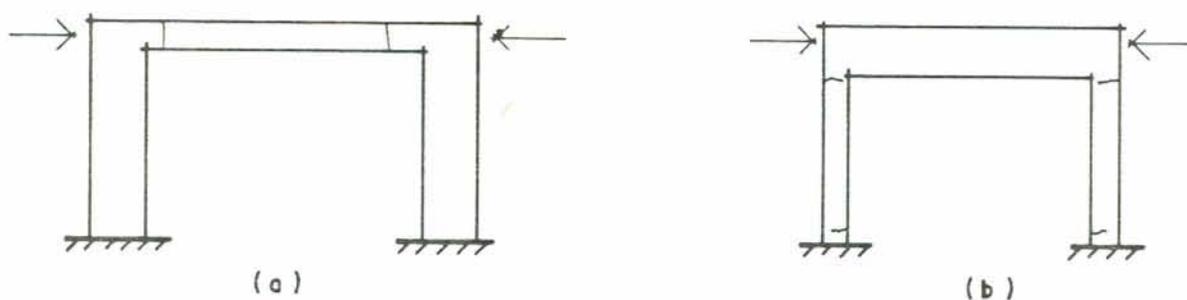


Fig. 3.5 - Fissuras produzidas por retração hidráulica em pórtico de pilares de grande rigidez (a) e de pequena rigidez (b) (FERNÁNDEZ CÁNOVAS, 1977)

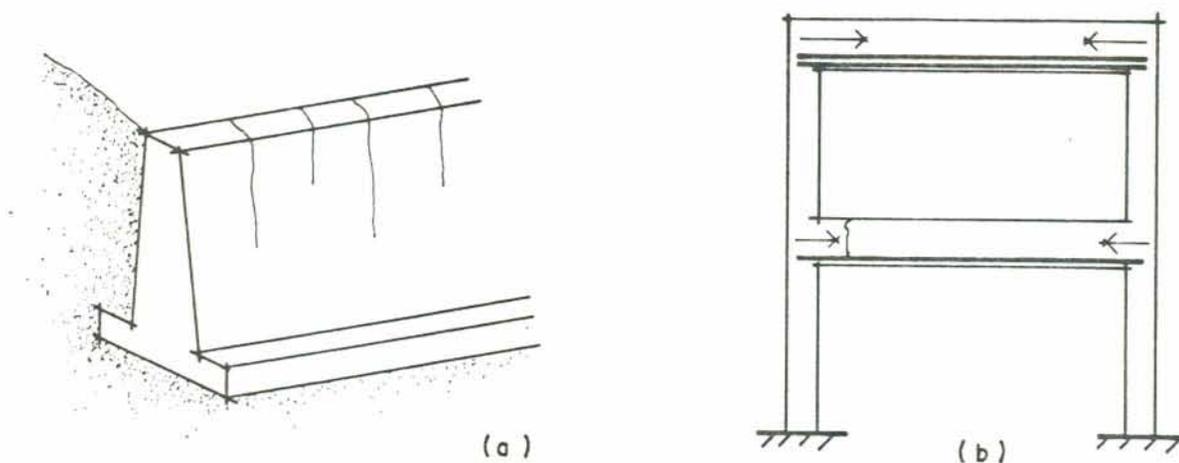


Fig. 3.6 - Fissura produzida por retração hidráulica em muro de arrimo (a) e em pórtico de vigas com diferentes taxas de armadura (b) (FERNÁNDEZ CÁNOVAS, 1977)

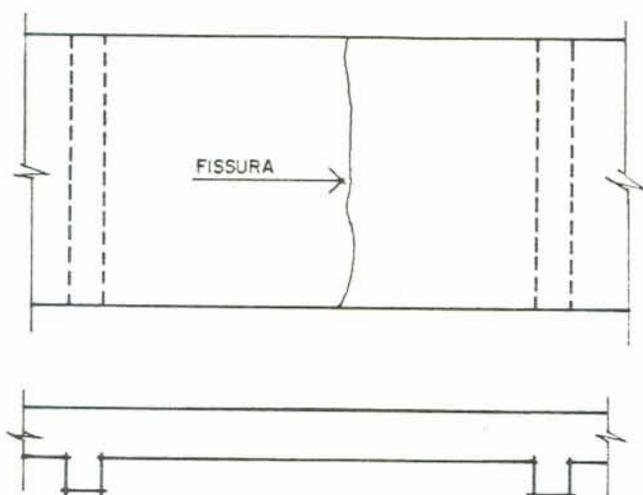


Fig. 3.7 - Fissura produzida por retração hidráulica em laje (MONTDOYA, citado por DAL MOLIN, 1988)

### c) Cargas dinâmicas

Nesse tipo de fissura, pode-se enquadrar as fissuras de flexão provocadas por ações dinâmicas sobre elementos estruturais. É o caso por exemplo de fissuras em vigas de pontes. Essas fissuras são de caráter ativo devido a movimentação das cargas que atuam sobre a estrutura.

d) Corrosão da armadura, reações expansivas com sulfatos e reações. álcali-silicatos

Estes três tipos de fissuras de origem química ou eletro-química são consideradas ativas progressivas. No entanto, as medidas corretivas para esses casos, não passam por técnicas de correção das fissuras propriamente ditas, e sim por técnicas de reparos, uma vez que para suas correções, quando possíveis, é necessário o descascamento do concreto. Dependendo da intensidade das reações, o concreto deve ser totalmente refeito.

### 3.2.2 - FISSURAS PASSIVAS

Estão dentro desta classificação as seguintes fissuras:

a) Assentamento plástico

Após o lançamento, vibração e acabamento do concreto plástico, as partículas sólidas tendem a continuar se assentando. Se nesse momento houver uma restrição, seja ela devido a armadura ou aos agregados graúdos, que impeça a livre movimentação da massa para a parte inferior da forma, poderão se produzir fissuras adjacentes ao elemento restringidor. Figuras 3.8 e 3.9.

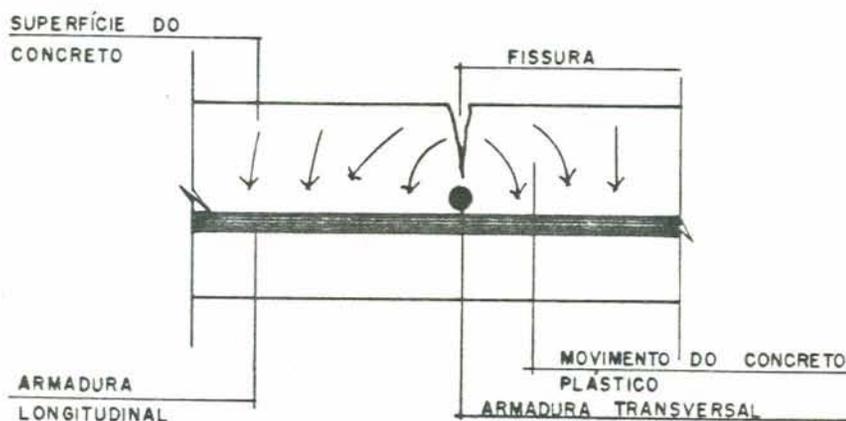


Fig. 3.8 - Fissura por assentamento plástico no concreto, devido a restrição da armadura (JOHNSON, 1973)

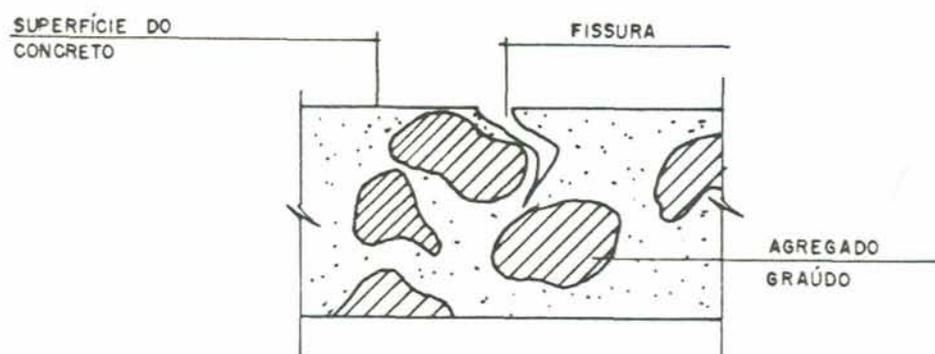


Fig. 3.9 - Fissura por assentamento plástico no concreto, devido a restrição do agregado graúdo (DJANIKIAN, citado por ISAIA, 1964)

As fissuras por assentamento plástico podem também aparecer em elementos que possuem espessura variável (Figura 3.10). Nesse caso as fissuras são observadas nas regiões mais delgadas.

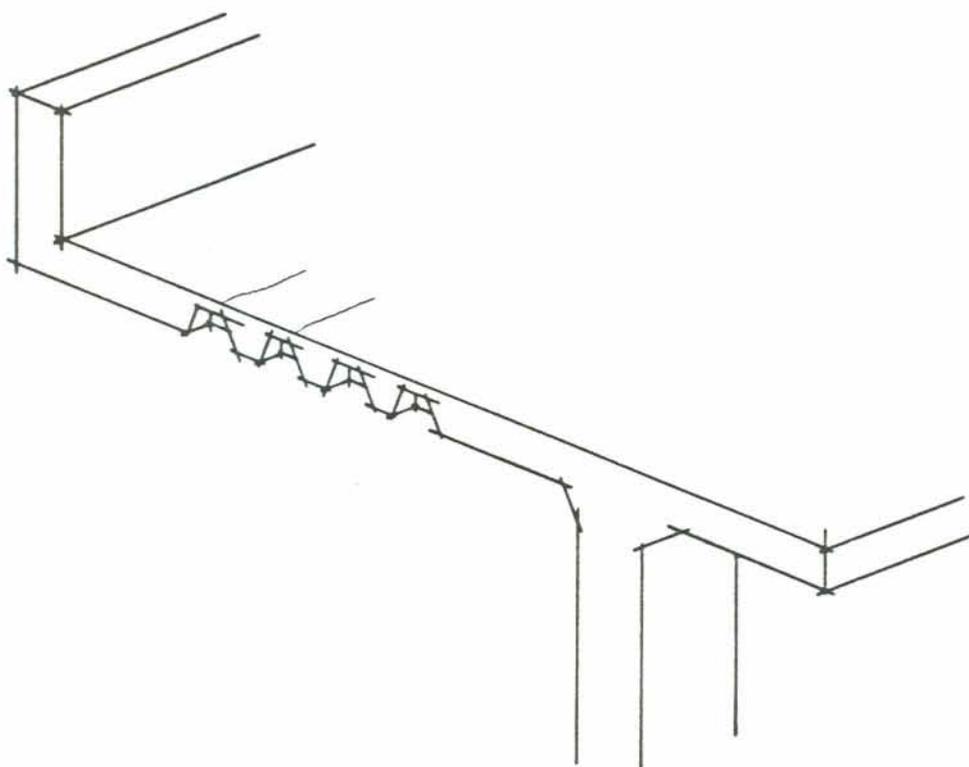


Fig. 3.10 - Fissura por assentamento plástico no concreto devido a variação de espessura da estrutura (CEB, 1985)

#### b) Dessecação superficial

Esse tipo de fissura ocorre devido a rápida evaporação da água de amassamento do concreto ou ainda pela exagerada absorção dos agregados ou das formas<sup>(80)</sup>.

A água exsudada evapora em maior ou menor velocidade de acordo com a temperatura, velocidade e umidade relativa do ar.

Segundo ELIESCU, citado por DAL MOLIN<sup>(80)</sup>, quanto maior a relação superfície livre/volume do elemento, maior são as consequências da dessecação superficial.

Essas fissuras aparecem entre trinta minutos a seis horas após ao lançamento do concreto, não apresentando modificação após este período (Figura 3.11).

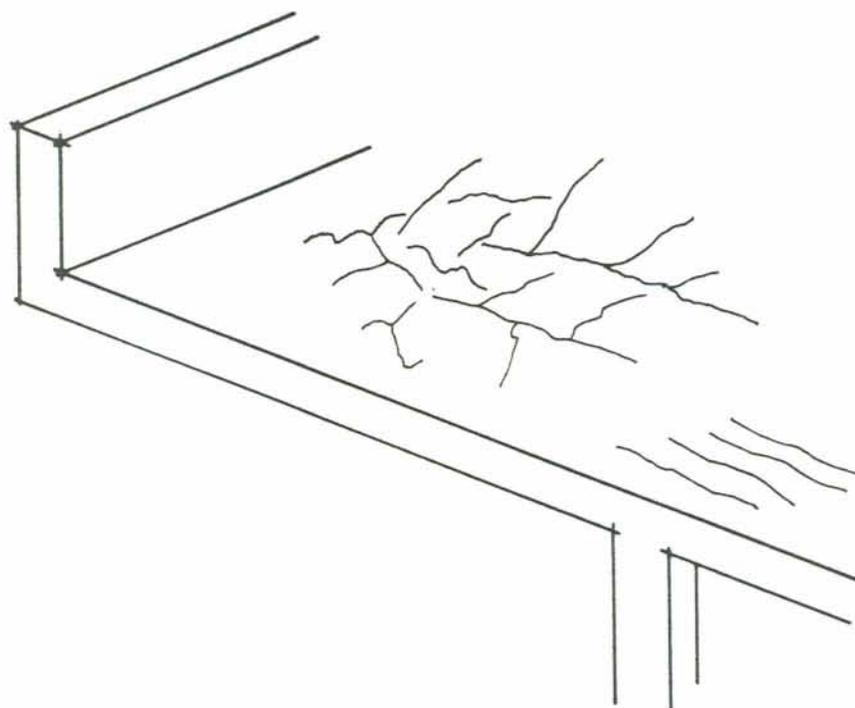


Fig. 3.11 - Fissuração típica de dessecação superficial do concreto plástico (CEB, 1985)

**c) Retração química ou intrínseca**

O cimento, em contato com a água, dá lugar a compostos hidratados cujo volume específico (sem considerar os vazios) é menor que a soma dos volumes da água e do cimento antes da hidratação. Esta diminuição de volume, quando restringida, pode ocasionar fissuras no concreto.

**d) Movimentação das formas**

Todo o movimento da forma que se produzir entre o momento em que o concreto começa a perder sua fluidez e o momento de início da pega, provoca o aparecimento de fissuras<sup>(47)</sup>.

As figuras que se seguem mostram possíveis movimentos das formas e o local onde as fissuras podem aparecer.

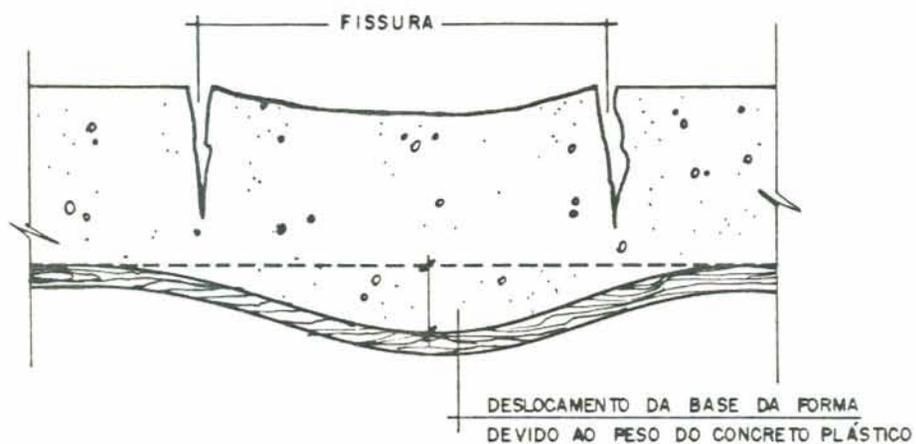


Fig. 3.12 - Fissura na superfície do concreto devido ao deslocamento da base da forma (JOHNSON, 1973)

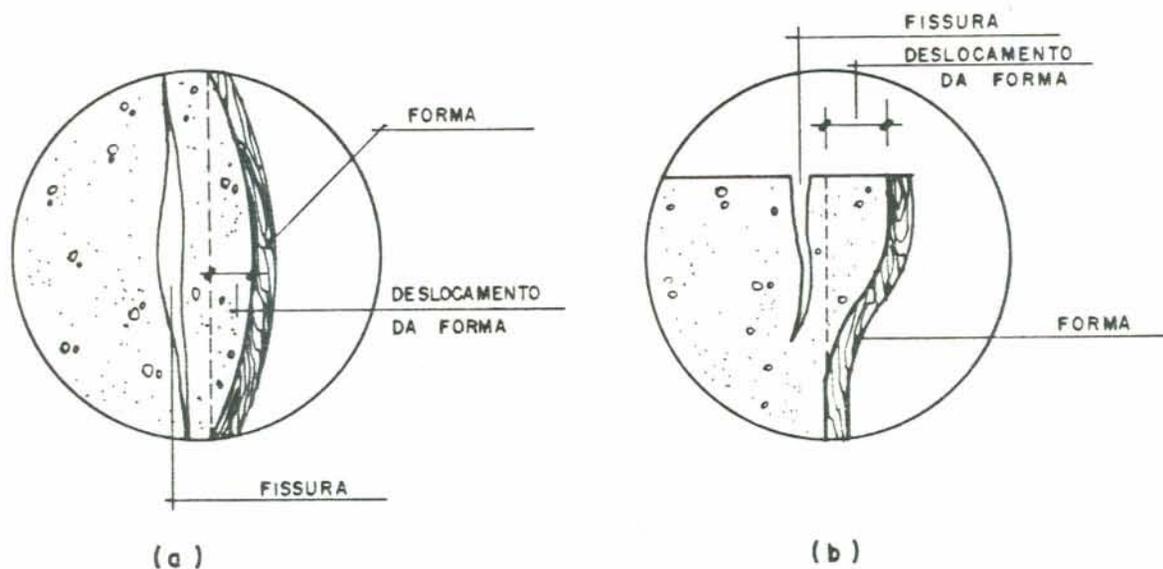


Fig. 3.13 - Fissura interna (a) e na superfície do concreto (b) devido ao deslocamento da forma (JOHNSON, 1973)

#### e) Variação térmica

As fissuras originadas por variação térmica que podem ser consideradas como passivas são as produzidas por ação do fogo, no caso de incêndio, e as produzidas devido ao calor de hidratação do cimento que eleva a temperatura do concreto, produzindo gradientes térmicos entre a camada superficial e as camadas mais interiores, e provocando com isso a separação das camadas<sup>(10)</sup>.

#### f) Sobrecargas

A atuação de cargas pode produzir o fissuramento das estruturas de concreto armado. Algumas delas não indicam a instabilidade da estrutura, podendo ser corrigidas tão logo tenham atingido sua máxima deformação. Outras necessitam que antes se reforce a estrutura por só depois serem corrigidas.

Nas Figuras 3.14 e 3.15 estão apresentados diversos tipos de fissuras que têm como causa a ação de sobrecargas.

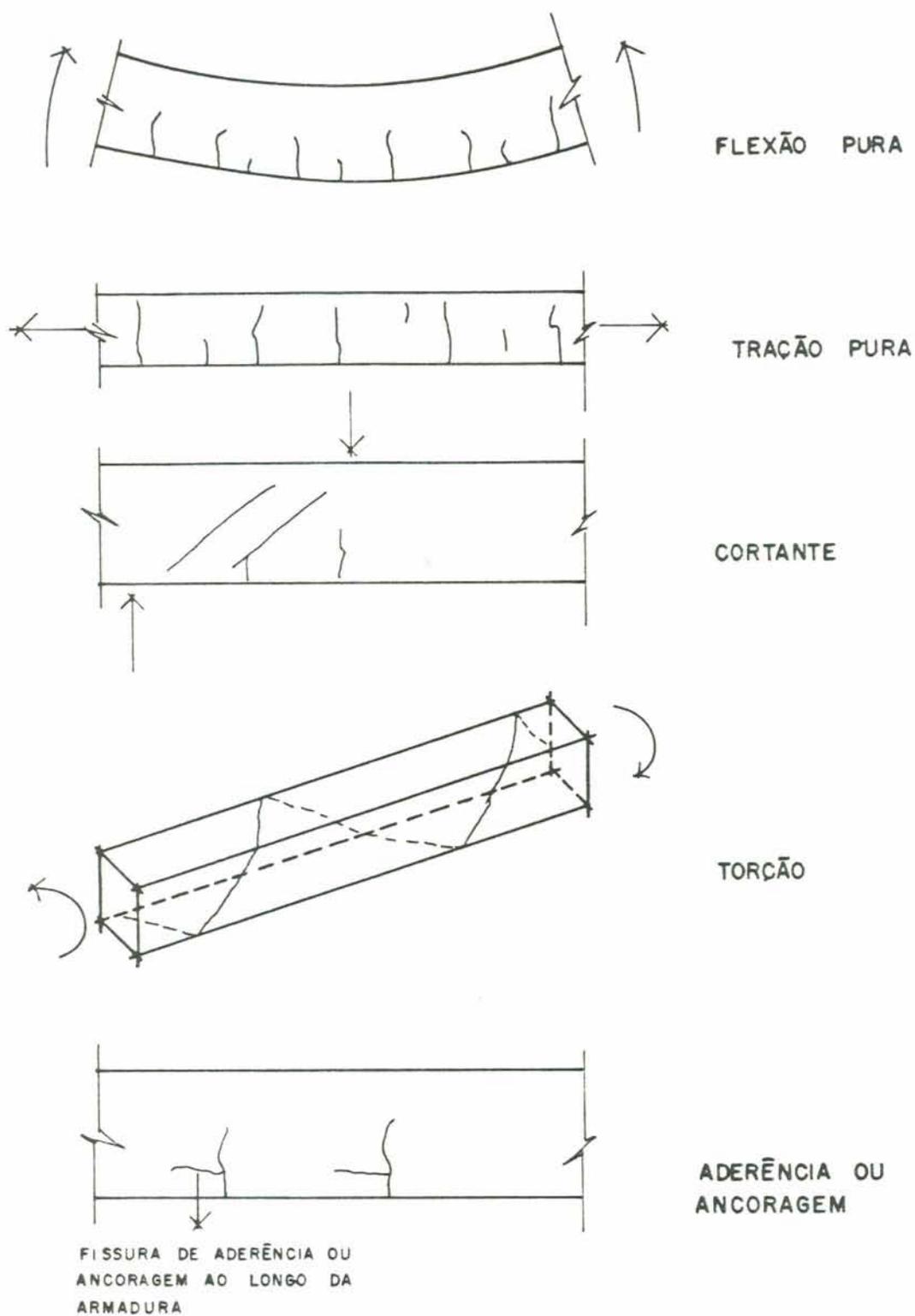


Fig. 3.14 - Fissuras provocadas por esforços mecânicos de flexão pura, tração pura, constante (cisalhamento), torção e aderência (CEB, 1985)

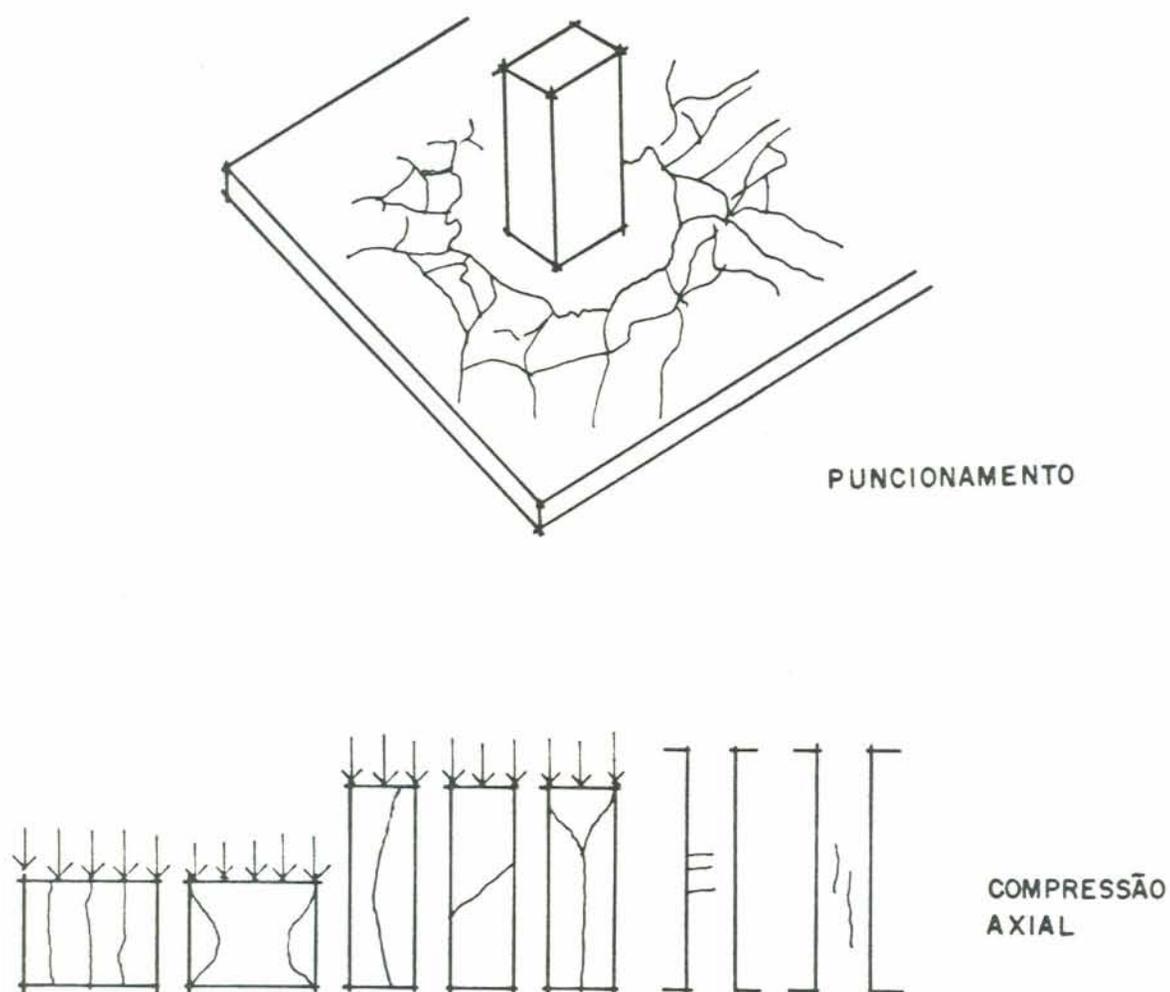


Fig. 3.15 - Fissuras provocadas por esforços mecânicos de puncionamento e compressão axial (GARCÍA MESEGUER, 1988)

### 3.3 - TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS PARA CORRIGIR FISSURAS ATIVAS E PASSIVAS

No Anexo III se encontram informações como: características principais, cuidados no emprego e manuseio, usos mais recomendados, limitações de uso e setor industrial consumidor, dos materiais mencionados na sequência desse capítulo.

### 3.3.1 - FISSURAS ATIVAS

#### a) Técnica de colmatação externa

Essa técnica visa fechar a fissura de modo que, após a correção, seus movimentos continuem existindo sem restrições. Caso seja corrigida com materiais rígidos, novas fissuras irão aparecer nas proximidades ou no mesmo local.

O material mais empregado para satisfazer as solicitações diferenciais a que a estrutura fissurada está sujeita denomina-se mastique ou selante.

A fissura ativa funciona como uma junta de movimentação não planejada e, uma vez presente, é desta forma que será encarada.

O dimensionamento da junta pode ser feito conforme o exemplo a seguir:

$$L = \alpha \times L_0 \times \Delta \theta$$

$L$  = variação do comprimento, em milímetro, em função da diferença de temperatura máxima prevista em graus celsius

$\alpha$  = coeficiente de dilatação do concreto (modificação do comprimento, em metro, de um metro de concreto, para uma elevação da temperatura de 1°C ( $10^{-5}$  m/m°C))

$L_0$  = distância entre duas juntas ou fissuras, em metro

$\Delta \theta$  = maior diferença de temperatura possível de ser verificada em relação à temperatura do momento de colmatação da junta (em °C).

Admitindo:

$$\alpha = 10^{-5} \text{ m/m}^\circ\text{C}$$

$$\Delta \theta = 35^\circ\text{C}$$

$$L_0 = 3,5\text{m}$$

$$L = 10^{-5} \times 3,5 \times 35 = 0,00123 \text{ m} = 1,23\text{mm}$$

A largura mínima da junta (A) é obtida pela fórmula:

$$A = \frac{100 \times L}{\text{Deformação admissível do mastique empregado}}$$

Empregando-se um mastique com deformação admissível de 15%, temos:

$$A = \frac{100}{15} \times 1,23 = 8,2\text{mm}$$

A proporção largura/profundidade (fator de forma), segundo SIKA<sup>(69)</sup>, deve ser 1 ou 2 caso a largura da junta seja inferior ou superior a 12mm, respectivamente. Adverte, no entanto, que nenhuma junta a ser impermeabilizada com mastique deve ter largura superior a 40mm.

Como A é menor que 12mm, a profundidade da junta (B) é obtida pela relação:

$$\frac{A}{B} = 1 \text{ e portanto } B = 8,2\text{mm}$$

A seção retangular, assim determinada, é feita com o auxílio de um disco de corte.

Para uma perfeita aderência entre o mastique e as laterais da junta, essa deve estar seca, isenta de óleo, graxa, partículas soltas e pintura. Para alguns tipos de mastiques, recomenda-se ainda o uso de um primer para melhorar a aderência.

Para que o mastique tenha livre movimentação, recomenda-se o uso de fita crepe, papel encerado ou fitas de plástico no fundo da seção. Estes materiais impedem que o mastique tenha aderência à superfície do concreto perpendicular à fissura, ou seja, à parte do fundo do berço da junta. A Figura 3.16 mostra um esquema de uma junta sobre fissura ativa.

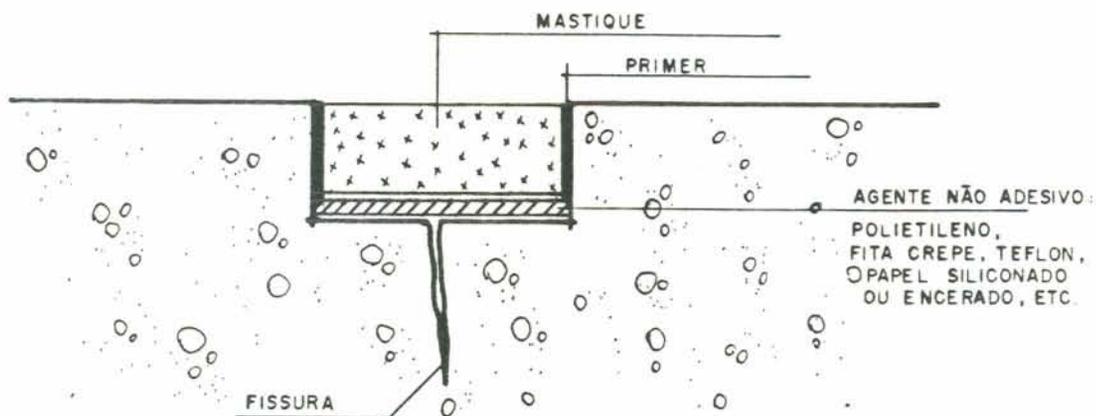
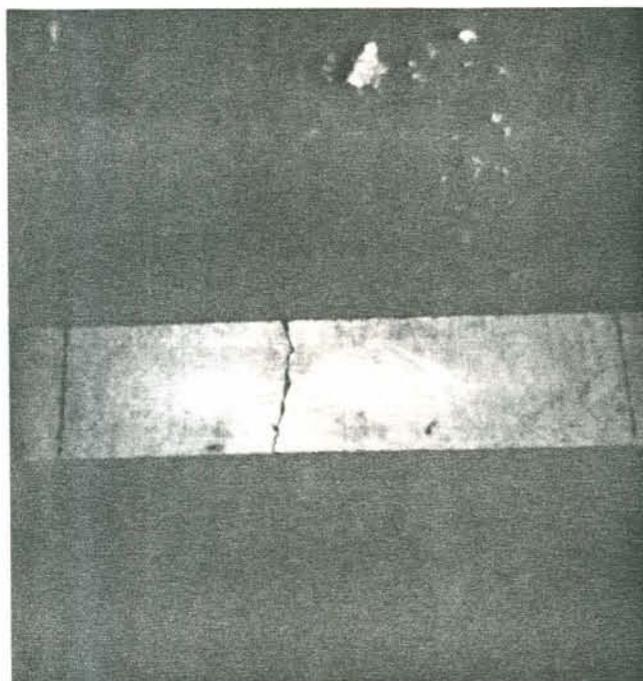


Fig. 3.16 - Detalhe de uma junta sobre fissura ativa, preenchida com mastique

Como materiais empregados nessa técnica temos:

- mastique base poliuretano;
- mastique base alcatrão e poliuretano;
- mastique base silicone;
- mastique base acrílico;
- mastique base alcatrão tratado com copolímeros de cloreto de polivinilo;
- mastique base polissulfeto;
- mastique base alcatrão reforçado com fibras minerais.

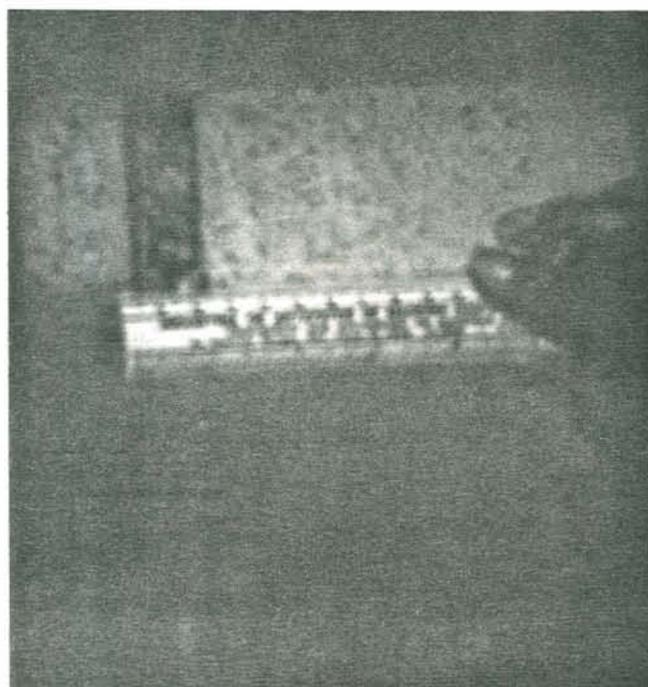
As fotografias apresentadas a seguir mostram uma sequência de serviços realizados em um trabalho de correção, utilizando a técnica de colmatação com mastique. Essa simulação foi realizada no Laboratório do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil (NORIE) como parte da disciplina de Patologia das Construções.



Fotografia 3.2 - Simulação de uma fissura ativa



Fotografia 3.3 - Abertura de berço com disco de corte para posterior preenchimento com mastique



Fotografia 3.4 - Conferência das dimensões do berço sobre a fissura



Fotografia 3.5 - Proteção das bordas do berço com fita crepe. Uso da fita crepe no fundo do berço para que o mastique esteja aderido apenas nas laterais do berço



Fotografia 3.6 - Aspecto final da fissura corrigida

#### b) Revestimentos

No caso de fissuras com pouca atividade e ainda que se apresentem em forma de rede ou seja disseminadas na superfície do concreto, pode-se corrigi-las através de revestimentos do tipo:

- b.1) Pinturas flexíveis com uso opcional de tela de náilon ou de polipropileno<sup>(25)</sup>
- escovar a superfície, eliminando as partes soltas, poeira, manchas de gordura, sabão ou mofo;
  - fazer um fundo com tinta acrílica diluída com cerca de 10% de água e após aplicar uma demão da mesma tinta não diluída;
  - depois da secagem inicial da primeira demão, estende-se uma tela de náilon sobre a área fissurada, fixando-a com uma nova demão da mesma tinta;
  - complementa-se o acabamento com cerca de mais 6 demãos, aguardando um intervalo de no mínimo 4 horas, entre demãos.

**b.2) Bandagem<sup>(22)</sup>**

- escovar a superfície eliminando as partes soltas, poeira, gordura ou mofo;
- aplicação de tela de algodão (bandagem cirúrgica, gaze, esparadrapo de algodão e fita crepe);
- salpicar, emboçar e rebocar a superfície do concreto (o teor de cimento deve diminuir de dentro para fora).

**3.2.2 - FISSURAS PASSIVAS****a) Técnica de injeção<sup>(18,19)</sup>**

- Abertura de seção em forma de "V" ao longo da fissura, com rebarbadores pneumáticos ou disco de corte. A seção deverá ter aproximadamente 10mm de profundidade e 10mm de cada lado da fissura.
- A cada 20cm aproximadamente, seguindo o sentido da fissura, são feitos orifícios com o auxílio de uma furadeira. Os furos podem variar de 12,7mm à 50mm de profundidade.
- Em cada orifício deve ser fixado um tubo plástico para injeção com adesivo de pega rápida. Os tubos devem ter diâmetro aproximado de 8mm.
- Limpeza com escova de aço e/ou jato de ar comprimido, a fim de remover todas as partículas soltas, poeira e eventuais resíduos de óleo, graxa, etc, da seção aberta.
- Colmatação da abertura, ao longo de toda fissura, por meio de um sistema epóxi tixotrópico (sistema próprio para ser aplicado em superfícies verticais, por não ser fluido).
- Entre 12 e 36 horas após a aplicação do sistema epóxi tixotrópico é feito teste com ar comprimido com a finalidade de constatar a comunicação entre os furos. Não havendo comunicação, novos furos devem ser abertos e o ciclo de operações reiniciado.
- Uma vez comprovada a comunicação entre os furos, procede-se a injeção do sistema epóxi por meio de pistolas manuais ou a ar comprimido, devendo-se

começar dos furos inferiores para os superiores (Figura 3.17).

- Após 48 horas, os tubos plásticos são cortados e as cavidades preenchidas com o sistema epóxi tixotrópico.

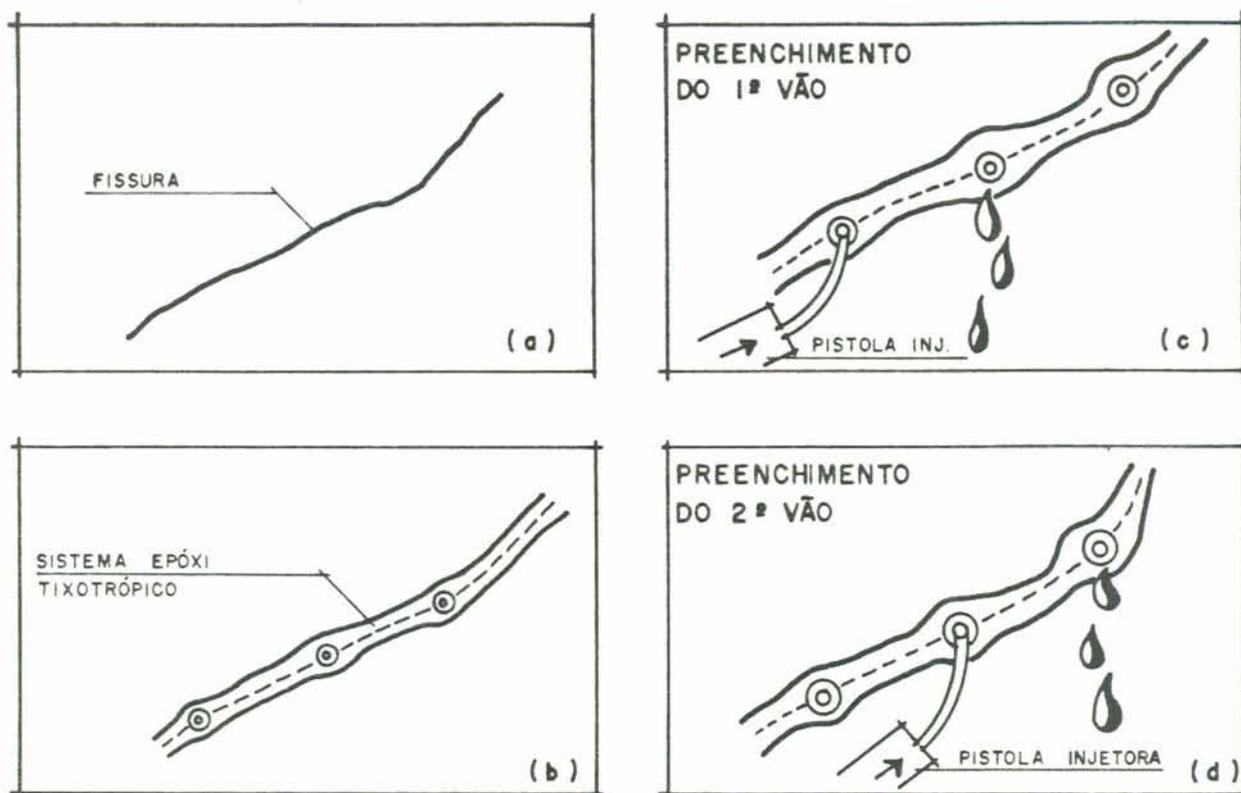


Fig. 3.17 -- Preenchimento da fissura a começar pelos furos inferiores até o último superior

Como materiais empregados nessa técnica temos:

- sistema epóxi de baixa viscosidade;
- nata de cimento com aditivo (plastificante expansor, retardador) ou não;
- argamassa de cimento e areia com aditivo plastificante e retardador de pega para fissuras de abertura maior que 3mm.

b) Técnica de colmatação superficial<sup>(40)</sup>

- Abertura de seção em forma de "V" ao longo da fissura, com rebarbadores pneumáticos ou disco de corte, numa largura máxima de 2cm e profundidade de 1cm;
- Limpeza rigorosa com remoção de todas as partículas soltas e eventuais resíduos de óleo, etc.
- Colmatação da abertura.

Como materiais empregados nessa técnica temos:

- argamassa convencional;
- argamassa base mineral beneficiada ou não com fibras;
- argamassa base epóxi;
- argamassa base poliéster;
- graute base mineral (expansivo);
- graute base epóxi.

#### c) Revestimentos

Caso haja uma quantidade muito grande de fissuras, caso de dessecação superficial por exemplo, pode-se adotar a seguinte técnica:

- jateamento de areia na superfície do objeto de tratamento, com a finalidade de expor a textura do concreto são, eliminando eventuais resíduos de óleos, graxas, agentes desmoldantes, nata de cimento solta, etc.;
- após o jateamento de areia, jatear com ar comprimido para remover a poeira resultante;
- aplicação de sistema epóxi (adesivo epóxi líquido na área a ser corrigida, para a colagem de uma camada de argamassa de cimento e areia);
- cura adequada da argamassa.

## CAPÍTULO IV

### FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DE SISTEMAS EPÓXI PARA INJEÇÃO DE FISSURAS PASSIVAS

No capítulo anterior foram apresentados os procedimentos para corrigir fissuras. Dentre os procedimentos apresentados para corrigir fissuras passivas do concreto, a injeção de sistemas epóxi ocupa um espaço significativo.

As fissuras adequadas a este tratamento são geralmente fissuras estruturais e portanto de grande importância para a segurança da edificação danificada.

O uso dos sistemas epóxi para corrigir estes problemas tem-se intensificado nos últimos anos e a partir disso surge a necessidade de avaliar o comportamento destes produtos nos trabalhos de recuperação.

A tabela 4.1 extraída de CARMONA e MAREGA<sup>(19)</sup> apresenta algumas soluções adotadas para corrigir problemas patológicos correntes na construção civil brasileira atual. Observando-se os percentuais de ocorrências de cada solução adotada, consta-se que a solução corretiva com base em sistema epóxi ocupa a segunda posição com um percentual de 35% de ocorrência.

Este fato não deixa de ser preocupante, uma vez que esta solução corretiva, empregada em um grande número de casos, ainda não foi suficientemente estudada, não sendo portanto de domínio técnico absoluto.

Contribuindo para o esclarecimento de alguns pontos que envolvem uma das técnicas que utilizam produtos de base epóxi, este capítulo apresenta uma discussão dos fatores que influenciam o desempenho de sistemas epóxi para injeção de fissuras passivas do concreto.

TABELA 4.1 - Incidência das soluções adotadas para a correção de problemas patológicos (CARMONA & MAREGA, 1988)

SOLUÇÕES ADOTADAS	Nº DE OCORRÊNCIAS	% DE OCORRÊNCIAS
CONCRETO PROJETADO	267	47%
SISTEMA EPÓXI	198	35%
CONCRETO CONVENCIONAL	113	20%
ARGAMASSA CONVENCIONAL	57	10%
GROUT	28	5%
REFORÇOS DE FUNDAÇÃO	30	5%
PERFIS METÁLICOS	23	4%
APARELHO DE APOIO	16	3%
CHAPAS COLADAS	12	2%
OKRATIZAÇÃO	4	1%

#### 4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

A palavra epóxi é de origem grega significando "epi" no lado de fora e "oxi", oxigênio. A combinação das palavras descreve a posição do átomo de oxigênio na estrutura da molécula do grupo epóxi.



A resina epóxi tem uma história muito recente no campo da construção civil. Elas foram descobertas em 1891 pelo

norueguês LINDEMAN, porém até 1930 não foram encontradas patentes de produtos com epóxi. A primeira patente ficou por conta de SCHLACK de I.G. FARBEN, em 1934<sup>(67)</sup>. No entanto, o passo mais importante foi dado por P. CASTAN na Suíça em 1936<sup>(6)</sup>.

A casa Ciba da Basileia comprou os direitos de P. CASTAN e em 1946 apresentou o Araldit I, um adesivo que unia distintos materiais, na Feira Industrial da Suíça<sup>(67)</sup>.

Trabalhos similares nesta área foram desenvolvidos por GREENLEE nos Estados Unidos em 1938<sup>(66)</sup>, porém a primeira patente americana aparece somente em 1943<sup>(67)</sup>. A companhia DEVOS e REYNALDS adquiriu os trabalhos de GREENLEE e a SHELL obteve a licença para produzir uma série de sistemas epóxi a partir da década de 50.

O primeiro trabalho na área da construção civil foi conduzido pelo "Califórnia Highway Department" em 1954, onde os sistemas epóxi eram utilizados para aderir sinais de tráfego na capa de rolamento das estradas<sup>(6)</sup>.

A utilização com sucesso destes produtos como agentes de união, desencadeou uma série de pesquisas no campo da reparação de estruturas de concreto. Estes adesivos se dividiram basicamente em duas categorias: aqueles utilizados para unir concreto plástico ao concreto endurecido e aqueles utilizados para unir concreto endurecido ao concreto endurecido ou a outros materiais sólidos como aço, vidro e cerâmica.

Segundo RONEY<sup>(65)</sup> o primeiro uso de adesivos de base epóxi para unir concreto de cimento portland plástico ao concreto de cimento portland endurecido foi realizado pelo "Materials and Research Department da California Division of Highways".

A produção comercial dos sistemas epóxi formulados especificamente para o concreto apareceram no mercado americano somente a partir de 1956<sup>(67)</sup>.

Através dos tempos, a resina epóxi vem ganhando cada vez mais espaço no campo da construção civil, saindo de uma simples posição de agente de união de outros materiais, para se tornar, atualmente, um material de construção propriamente dito.

Segundo HELENE<sup>(40)</sup>, o consumo atual no Brasil é da ordem de 3 mil t/ano de resina epóxi para a construção civil, estando entre os cinco maiores consumidores mundiais.

As resinas epóxi são produtos sintéticos capazes de transformarem-se quando combinados com um agente de cura ou endurecedor. Desta combinação chamada polimerização, resultam produtos com um excelente equilíbrio de propriedades físico-químico-mecânicas.

Usualmente o termo resina epóxi é atribuído tanto à resina quanto ao conjunto resina mais endurecedor. No entanto quando existe a possibilidade de confusão, o conjunto passa a chamar-se sistema epóxi. Neste trabalho sempre que se fizer referência ao conjunto resina mais endurecedor, se utilizará o termo sistema epóxi.

Os sistemas epóxi são formados pela resina epóxi (epicloridrina e bisfenol A ou F), endurecedor (poliamidas, poliaminas e polissulfídeas) e modificadores (diluentes, flexibilizadores, cargas e pigmentos).

A Figura 4.1 extraída de FERNÁNDEZ CÁNOVAS<sup>(27)</sup> apresenta uma rede de produtos derivados do petróleo que terminam na formação da resina epóxi entre outros polímeros.

O sistema epóxi é comercialmente fornecido em dois componentes: componente A (resina) e componente B (soma de endurecedor e modificadores).

As distintas combinações destes componentes tornam os sistemas epóxi específicos para cada tipo de aplicação.

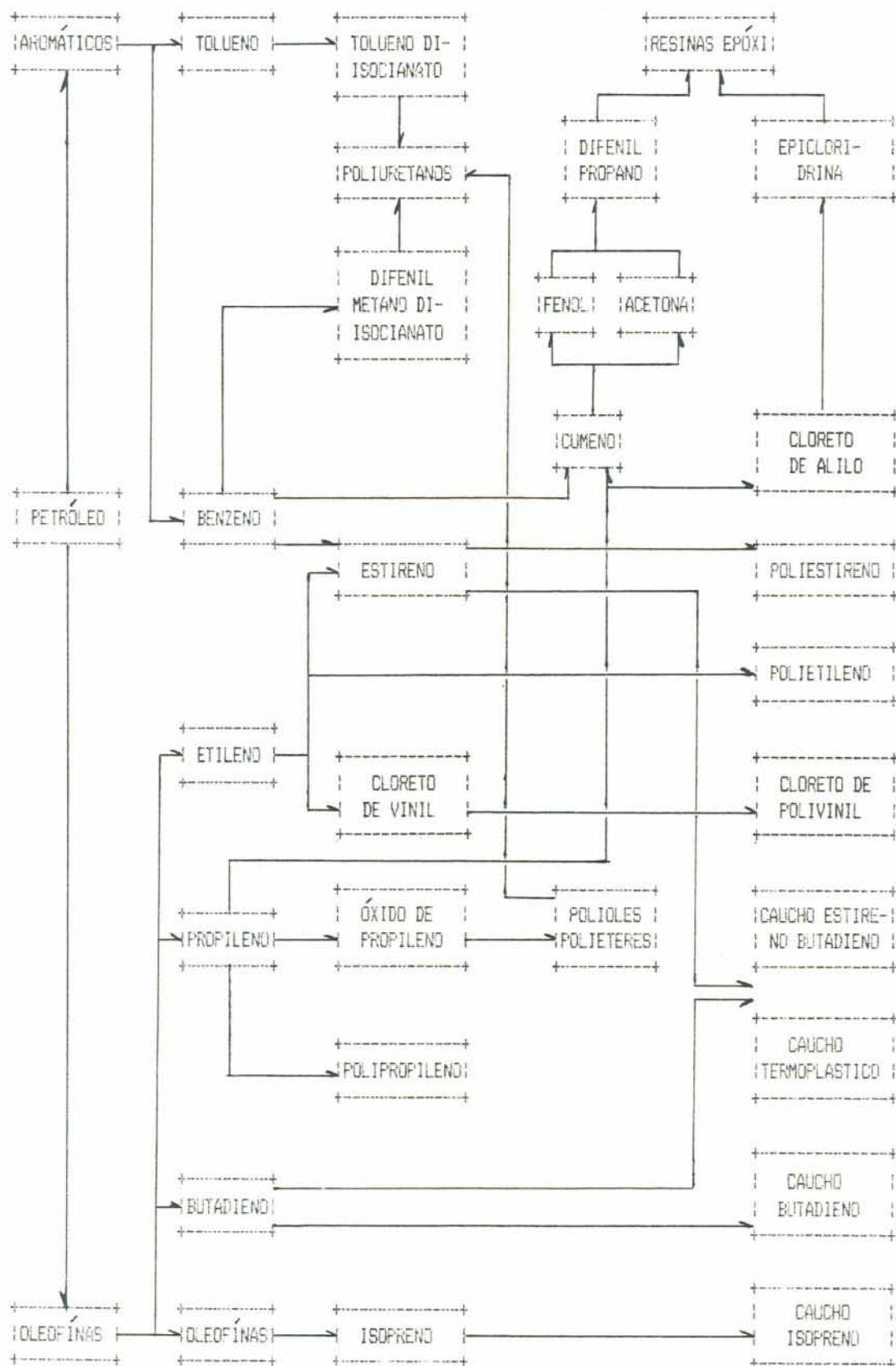


FIGURA 4.1 - Obtenção da resina epóxi através do petróleo (CANOVAS, 1982)

Assim, por exemplo, se o objetivo é obter um sistema epóxi de baixa viscosidade (resinas líquidas) a resina deverá conter um maior percentual de epicloridrina em relação ao bisfenol ou ainda acrescentar ao sistema modificadores diluentes<sup>(50)</sup>.

Muitas das propriedades e características dos sistemas epóxi vão ao encontro das necessidades da construção civil atual. Entre elas se pode citar:

- elevadas resistências à compressão, tração, esforço cortante, choque, abrasão, ... como ilustra a Tabela 4.2 extraída do ACI 503<sup>(4)</sup>;

TABELA 4.2 - Comparação das propriedades mecânicas dos sistemas epóxi com o concreto (ACI 503, 1982)

	RESISTÊNCIA A FLEXÃO (MPa)	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (MPa)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)	ALONGAMENTO PERCENTUAL
CONCRETO ESTRUTURAL (TÍPICO)	3,45 - 6,90	2,07 - 4,83	20,68 - 68,94	0,01
SISTEMAS EPÓXI (TÍPICO)	10,34 - 34,47	3,45 - 34,47	3,45 - 82,73	0,2 A 50

- grande velocidade para adquirir resistências;
- baixa retração durante a cura comparada com outras resinas termoestáveis (entre 0,6 e 0,7%);
- termoestabilidade a temperaturas entre -20 e 60°C;
- elevada resistência frente aos agentes químicos como ilustra a Tabela 4.3 extraída do ACI 503<sup>(4)</sup>;

TABELA 4.3 - Comportamento químico dos sistemas epóxi e do concreto: resistência a agentes químicos (ACI 503, 1982)

	EPÓXI	CONCRETO
EFEITO MOLHAGEM - SECAGEM	EXCELENTE	EXCELENTE
DESCONGELAMENTO POR CLORETOS	EXCELENTE	REGULAR
ÁCIDO MURIÁTICO ( 15% HCL )	EXCELENTE	RUIM
ALIMENTOS ÁCIDOS ( DILUIDOS )	BOA	RUIM
SOLUÇÕES DE AÇÚCAR	EXCELENTE	REGULAR
GASOLINA	EXCELENTE	EXCELENTE
ÓLEO	EXCELENTE	EXCELENTE
DETERGENTES DE LIMPEZA	EXCELENTE	EXCELENTE
ÁLCALIS	EXCELENTE	BOA
SULFATOS	EXCELENTE	REGULAR

- forte adesão ao concreto, aço e outros materiais utilizados na construção civil;
- grande versatilidade dos sistemas devido a diferentes proporções dos componentes contidos nos produtos epoxidicos de base epóxi;
- resistência à penetração de umidade com a aplicação de uma fina camada de sistema epóxi apropriado.

Atualmente estão ao nosso alcance uma quantidade muito grande de produtos a base de epóxi e de procedimentos de recuperação que utilizam estes produtos e as empresas que trabalham neste setor se encarregam de lançar, ano após ano, outros novos produtos e procedimentos.

Frente a este panorama, cresce em importância as tentativas de avaliação do desempenho dos sistemas epóxi e dos procedimentos utilizados nas recuperações. Através dos ensaios realizados no sistema epóxi, nos seus componentes ou no conjunto sistema epóxi-substrato, pode-se avaliar esse comportamento.

A técnica de injeção de sistemas epóxi em fissuras passivas no concreto foi apresentada no item 3.3.2 do Capítulo III. No entanto o sucesso da sua aplicação está associada ao atendimento de uma série de fatores que envolvem o processo de recuperação.

Dentro de uma sistemática de avaliação de sistemas epóxi para injeção em fissuras, deve-se levar em consideração o maior número possível de fatores que interferem no seu desempenho.

Os fatores que interferem na boa conduta da técnica de injeção podem ser distribuídos em fatores relacionados ao sistema epóxi, ao substrato, ao comportamento da união sistema epóxi-substrato, à execução da técnica propriamente dita e ao executante da técnica.

#### 4.2 - FATORES RELATIVOS AO SISTEMA EPÓXI

A viscosidade é um indicador das propriedades de manuseio da resina tanto quanto o peso molecular. A viscosidade das resinas comerciais podem variar de 0,15 à 15 Pas à 25°C. Para as injeções, segundo FERNÁNDEZ CÁNOVAS<sup>(27)</sup>, utilizam-se resinas com viscosidade da ordem de 0,2 Pas. No entanto, HELENE<sup>(40)</sup> lembra que para fins de aplicação e utilização de uma resina, esta propriedade, medida na resina, independentemente do seu endurecedor, não possui grande importância. A determinação pode ser efetuada através do viscosímetro tipo BROOKFIELD, de acordo com a descrição do método ABNT MB-987/77 - Determinação da viscosidade de uma resina ou verniz por viscosímetro a impulsor rotativo.

Quanto as resistências mecânicas (tração, compressão e flexo-tração), em geral não chegam a ser um fator preocupante nos trabalhos de recuperação de estruturas de concreto, uma vez que seus valores superam em muito as resistências do concreto. FERNÁNDEZ CÁNOVAS<sup>(27)</sup> apresenta resistências mecânicas dos sistemas epóxi bem mais otimistas daquelas encontradas na Tabela 4.2. Para ele a resistência a tração varia de 30 a 95 MPa e a de compressão oscila entre 120 e 210 MPa, dependendo do tipo de resina e da formulação utilizada.

Um aspecto importante no que se refere as resistências mecânicas e a retração durante a cura do sistema epóxi é a presença de diluentes. Segundo FERNÁNDEZ CÁNOVAS<sup>(27)</sup> diluentes

não reativos, como o xileno, em proporções pequenas podem conseguir reduções da viscosidade significativas porém diminuindo a resistência a compressão. Diz ainda que o uso de diluentes muito voláteis dão lugar a retrações mais elevadas durante a cura. Portanto, os sistemas epóxi utilizados em injeções devem estar isentos de diluentes. A diminuição da viscosidade pela adição do diluente pode ser observado na Figura 4.2 extraída de LEE and NEVILLE <sup>(50)</sup>.

O "pot-life", tempo de uso, é o tempo decorrido a partir do início da mistura dos dois componentes (resina e endurecedor) até o início do endurecimento do sistema, quando este perde as condições de manuseio, dificultando sua aplicação.

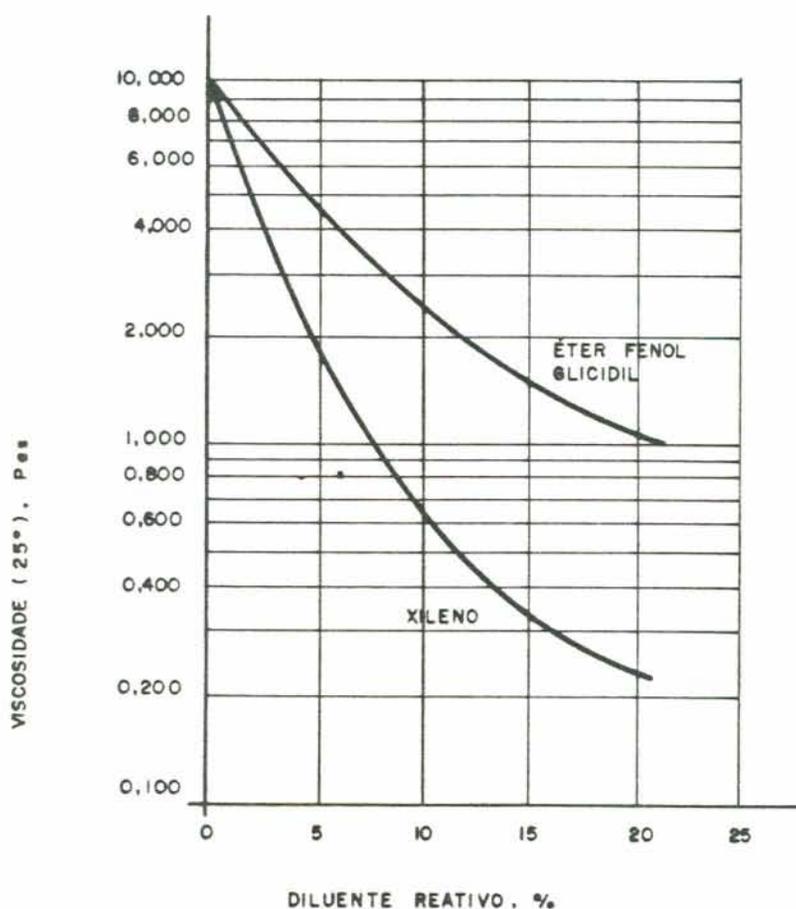


Fig. 4.2 - Variação da viscosidade em função do tipo e percentual de diluente (LEE and NEVILLE, 1957).

O "pot-life" varia em razão inversa à variação da temperatura. Não se encontrou na bibliografia uma lei matemática que traduza esta variação, no entanto pode ser observada uma regra prática para o manuseio das resinas: a cada aumento da temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$ , o "pot-life" se reduz aproximadamente à metade. A aplicação do sistema na fissura deve realizar-se antes que transcorra este tempo.

A diferença entre o coeficiente de dilatação térmica do concreto e do sistema epóxi não é um aspecto importante nos trabalhos de injeção, uma vez que a espessura da camada do sistema epóxi é muito pequena. Em casos especiais em que o vazio a ser preenchido apresente uma espessura maior, deve-se adicionar carga (finos) ao sistema, conseguindo-se assim um coeficiente de dilatação muito próximo ao do concreto ( $1 \times 10^{-5}$   $\text{cm/cm}^{\circ}\text{C}$ ) como pode ser verificado na Figura 4.3.

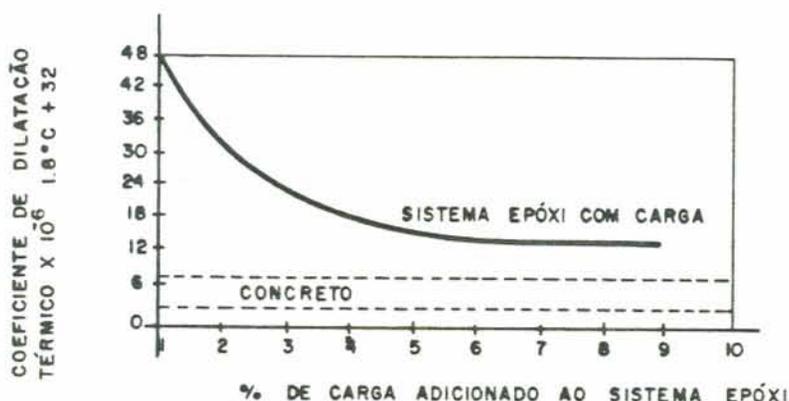


Fig. 4.3 - Efeito da variação do percentual de cargas (fillers) no coeficiente de dilatação térmica de um sistema epóxi (ACI 503, 1982).

Os sistemas epóxi são materiais auto-extinguíveis de acordo com a norma ASTM 757-75 "Incandescence Resistance of Rigid Plastics in a Horizontal Position Test for". Geralmente, um sistema epóxi submetido a temperaturas entre  $100$  e  $200^{\circ}\text{C}$  sofre alterações de suas propriedades mecânicas e com temperaturas mais elevadas se extingue<sup>(26)</sup>, ou seja, carboniza.

Os sistemas epóxi endurecidos apresentam em geral, resistências químicas elevadas quando atacados ou expostos a agentes químicos. A Tabela 4.4 apresenta resultados de experiências realizadas submergindo um sistema epóxi endurecido em diversos agentes químicos por um determinado tempo e observando-se o aspecto final da amostra, bem como avaliando-se a resistência à compressão da amostra após a exposição.

TABELA 4.4 - Resistência química de amostras de sistemas epóxi curados (CANOVAS, 1982)

REATIVO EMPREGADO	CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPO DE IMERSÃO (HORAS)	ASPECTO DA AMOSTRA	AVALIÇÃO DA RESISTÊNCIA
HIDRÓXIDO DE SÓDIO	50	150	INÃO AFETADA	EXCELENTE
HIDRÓXIDO DE AMÔNIO	57	312	DESCOLORIDA	MUITO BOA
SULFÚRICO	50	312	DESCOLORIDA	REG. - BOA
SULFÚRICO	20	312	INÃO AFETADA	MUITO BOA
NÍTRICO	20	312	DESCOLORIDA	BOA
FOSFÓRICO	90	312	INÃO AFETADA	MUITO BOA
ACÉTICO	5	312	LIGEIRAMENTE ESBRANQUECIDA	BOA
CLORÍDRICO	38	312	DESCOLORIDA	MUITO BOA
LÁTICO	10	100	LIGEIRAMENTE ATACADA	REG. - BOA
LÁTICO	5	100	INÃO AFETADA	MUITO BOA
PETROLÉO GASOLINA	100	312	INÃO AFETADA	EXCELENTE
SOLUÇÃO DE AÇÚCAR	20	312	INÃO AFETADA	EXCELENTE

Outros fatores relativos ao sistema epóxi como o envelhecimento por ação mecânica, capacidade de molhar,

resistência molecular a altas temperaturas também aparecem como fatores que interferem na eficácia da técnica de injeção.

#### 4.3 - FATORES RELATIVOS AO SUBSTRATO

Nesses fatores estão incluídos desde as características intrínsecas do concreto produzido, como porosidade e alcalinidade, passando por aspectos relativos a fissura e o meio ambiente como rugosidade ou forma da fissura, abertura da fissura, umidade superficial e temperatura do concreto, até chegar na aplicação de métodos de preparação e limpeza da superfície.

Os sistemas epóxi utilizados para injeção em fissuras são sistemas muito fluidos e dependendo da porosidade do substrato, podem além de preencher a fissura também penetrar superficialmente na parede das fissuras como ilustra a Figura 4.4.

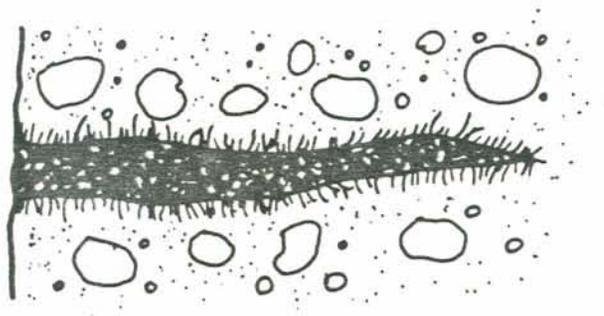


Fig. 4.4 - Preenchimento total da fissura e penetração do sistema epóxi nos poros de suas paredes.

Segundo PIMENTEL e TEIXEIRA<sup>(60)</sup> se conseguem melhores resultados quanto a aderência quando a superfície do concreto está seca. A aderência em substrato úmido dependerá em muito da formulação do sistema epóxi utilizado.

FERNÁNDEZ CÁNOVAS<sup>(67)</sup> observou nos seus experimentos que a aderência do sistema epóxi ao concreto seco é perfeita, fazendo com que as rupturas ocorram sempre no concreto. No entanto, estando o concreto úmido, porém não molhado, as rupturas ocorrem, com bons sistemas epóxi, na ordem de 50% no concreto e 50% por falha de aderência, porém com valores muito próximos a de ruptura do concreto íntegro.

A limpeza da fissura poderá ser efetuada com ar comprimido, tomando-se cuidado para que esta operação não acrescente óleo ou umidade à superfície.

A abertura da fissura é um fator que influi na escolha do sistema epóxi a utilizar. PIMENTEL e TEIXEIRA<sup>(68)</sup> utilizam este fator para fazer a seguinte divisão quanto ao tipo de sistema epóxi mais adequado para reparar as fissuras passivas:

- para fissuras de abertura menor que 0,2mm deve-se utilizar sistemas epóxi líquidos bicomponentes, bastante fluidos e sem solvente, com viscosidade ao redor de 0,1 Pas a 20°C;
- para fissuras passivas de abertura entre 0,2 e 0,6 mm deve-se utilizar sistemas epóxi líquidos bicomponentes fluidos com viscosidade menor que 0,5 Pas a 20°C;
- para fissuras passivas de abertura entre 0,6 e 3mm deve-se utilizar sistemas epóxi líquidos bicomponentes puros ou com carga, mas sem solventes, com viscosidade menor que 1,5 Pas a 20°C;
- para fissuras passivas de abertura maior que 3mm pode-se utilizar sistemas epóxi líquidos puros ou com carga, sem solventes para evitar problemas de retração.

A temperatura do substrato é importante pois influi na velocidade de polimerização do sistema, podendo dificultar o preenchimento total da fissura quando esta for elevada a ponto de diminuir significativamente o "pot-life" do sistema.

#### 4.4 - FATORES RELATIVOS AO COMPORTAMENTO DA UNIÃO SISTEMA EPÓXI-SUBSTRATO

Nestes fatores se incluem as compatibilidades mecânicas, físicas e químicas entre o sistema epóxi e o substrato a fim de que a recuperação feita com um sistema epóxi elegido dê continuidade a distribuição das cargas aplicadas e suportadas pela estrutura. O conjunto sistema epóxi-substrato deve dar continuidade aos esforços de tração, compressão e cisalhamento a que a estrutura está sujeitada.

Quanto aos efeitos dos choques térmicos ao conjunto epóxi-substrato, GONZALO<sup>(26)</sup> coloca que, uma vez polimerizado, o sistema epóxi deeerá trabalhar solidariamente com o concreto em temperaturas compreendias entre -20°C e +60°C, mesmo quando as mudanças de temperaturas se produzirem de forma brusca.

Em um trabalho experimental realizado no Curso de Pós-Graduação da EPUSP<sup>(27)</sup>, como parte da disciplina de Patologia e Terapia das Construções de Concreto, foi realizado uma bateria de ensaios de reconstituição de corpos de prova cilíndricos de concreto. Em uma das séries o rompimento dos corpos de prova reconstituídos com sistemas epóxi, que neste caso eram de  $\varnothing$  5 x 10 cm, se deu sob uma temperatura de aproximadamente 90°C. Após feitas as análises, checou-se a conclusão que o desempenho dos sistemas epóxi foram excessivamente prejudicados devido ao aumento da temperatura. Nos ensaios realizados à temperatura de 90°C, obteve-se valores de resistência à compressão de aproximadamente 50% abaixo daqueles encontradas com rompimento à temperatura ambiente, observando-se na maioria dos casos, deslizamento das duas metades do corpo de prova.

#### 4.5 - FATORES RELATIVOS A TÉCNICA DE EXECUÇÃO

Esses fatores também são analisados dentro desta avaliação dos elementos que interferem no desempenho de sistemas epóxi para injeção de fissuras passivas no concreto.

Um fator importante dentro desta abordagem é a pressão de injeção.

Geralmente a injeção de sistemas epóxi em fissuras é realizada com pressões baixas.

Segundo PLECNİK et alli<sup>(61)</sup>, fissuras transversais ou próximas a armadura longitudinal, como mostra a Figura 4.5a, podem comumente ser injetadas sob alta pressão sem causar nenhum outro dano ao concreto, desde que a armadura longitudinal absorva as tensões adicionais produzidas pela pressão de injeção. Entretanto, adverte PLECNİK, altas pressões de injeção no interior de fissuras transversais podem resultar na criação de novas fissuras no concreto como na Figura 4.5b ou na fissuração da superfície do selante da fissura, caso as armaduras longitudinais não sejam capazes de absorver as tensões adicionais provocadas pela alta pressão.



Fig. 4.5 - Devido a alta pressão de injeção dos sistemas epóxi em fissuras transversais a armadura, novas fissuras podem aparecer na estrutura (PLECNİK et alli, 1986)

Devem ser considerados ainda nestes fatores a velocidade de injeção, a mistura dos componentes do sistema, cuidando sempre para que resulte um sistema homogêneo, e o tempo decorrido desde a mistura dos componentes até o rompimento em que se terminou a operação, para que não ultrapasse o tempo de manuseio do sistema ("pot-life").

#### 4.6 - FATORES RELATIVOS AO EXECUTANTE

Dentro destes fatores se inserem os aspectos relativos à empresa ou profissionais que realizarão os trabalhos. Os equipamentos utilizados nos trabalhos de injeção devem estar em perfeito estado de funcionamento, para que no momento da aplicação não se perca tempo de manuseio do sistema epóxi em reparos de equipamentos. A mão de obra deve, igualmente, estar preparada para as dificuldades que possam surgir durante as operações, quer sejam as relativas as características do sistema empregado ou mesmo as relativas a técnica de recuperação. Estes fatores somados a outros que caracterizam a idoneidade do executante, são igualmente muito importantes para o sucesso da aplicação da técnica de injeção de sistemas epóxi em fissuras passivas no concreto.

Se tem observado nos trabalhos de recuperação que em muitos casos existiu uma certa preocupação com os diversos fatores que envolvem os trabalhos, quer sejam os relativos ao diagnóstico, ao tipo e a qualidade do produto, a preparação do substrato e outros, no entanto os resultados não foram satisfatórios. O insucesso da técnica nestes casos se deve ao descaso com os fatores relativos a idoneidade do executante, que numa visão não sistemática, podem parecer que estão a margem do processo.

## CAPÍTULO V

### MÉTODOS DE ENSAIO PARA AVALIAÇÃO E CONTROLE DE SISTEMAS EPÓXI PARA INJEÇÃO DE FISSURAS PASSIVAS

Diante dos fatores apresentados no capítulo anterior, que em última análise formam um complexo de exigências atribuídas ao processo de injeção de sistemas epóxi, surge a necessidade de avaliar quantitativamente todos aqueles fatores.

O desenvolvimento de métodos de ensaio capazes de prever de alguma forma o comportamento dos sistemas de injeção junto com as demais variáveis que envolvem este tipo de recuperação, faz-se necessário para a obtenção de resultados finais cada vez melhores.

Para se controlar e ensaiar todos os fatores que influenciam o desempenho dos sistemas epóxi destinados a preencher fissuras, se propõe o desenvolvimento de uma série de ensaios. Não obstante se apresenta no Anexo I um conjunto de normas e recomendações, existentes na bibliografia internacional, relativas a ensaios em materiais de recuperação.

#### 5.1 - ENSAIOS RELATIVOS AO CONJUNTO SISTEMA EPÓXI-SUBSTRATO

Podem ser chamados também de ensaios de desempenho uma vez que têm por objetivo caracterizar e analisar o comportamento conjunto do sistema epóxi aplicado ao concreto.

Existem atualmente alguns ensaios selecionados especificadamente, ou que podem ser adaptados para a avaliação

dos sistemas epóxi utilizados para injeção de fissuras no concreto. Estes ensaios procuram caracterizar o comportamento do conjunto sistema epóxi-substrato, levando em consideração a natureza do substrato, a técnica de recuperação aplicada e o produto de recuperação empregado. A seguir são apresentados alguns destes ensaios, lembrando que as referências que aparecem não são excludentes, uma vez que os mesmos ensaios podem estar contidos em outras normas ou recomendações. Muitas das informações e figuras que se apresentam a seguir não foram retiradas da norma de referência e sim do trabalho de AGUILLÓ<sup>(P)</sup>.

#### 1 - Ensaio de injeção em coluna de areia, em meios seco ou úmido

O objetivo do ensaio é avaliar a capacidade de penetração de um sistema epóxi, fazendo-o passar por uma rede capilar. Para isso o sistema epóxi é injetado, a pressão constante, em uma coluna de areia normalizada. A Figura 5.1 mostra o esquema geral do ensaio. Este método está preconizado na Norma Francesa AFNOR NF P 18-891 - "Produits pour Injections dans de Structures en Beton - Essai D'Injectabilite a la Colonne de Sable en Milieux sec et Humide". A RILEM, através do Comitê Técnico 52-RAC - Projeto de Recomendações de setembro de 1986, também se refere a este ensaio.

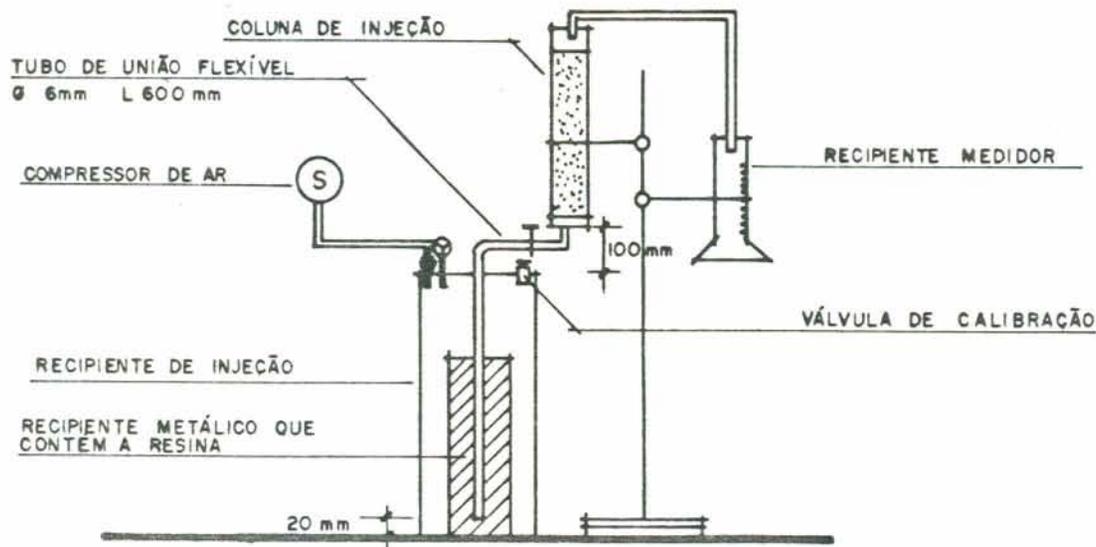


Fig. 5.1 - Ensaio de injeção em coluna em meios seco ou úmido.

## 2 - Ensaio de tração em corpos de prova cilíndricos de argamassa epóxi, procedentes da injeção em coluna de areia

O objetivo do ensaio é definir a resistência à tração de corpos de prova cilíndricos, oriundos do ensaio anterior. A determinação da resistência a tração pode ser realizada pelo método descrito na NBR 7222/87 Argamassas e Concretos - Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos. Esse ensaio está descrito na Norma Francesa AFNOR NF P 18-892 - "Produits pour Injections dans de Structures en Beton - Essai de Fendage D'Éprouvettes cylindriques de Mortier Prougnant de L'Injection D'une Colonne de Sable".

## 3 - Ensaio de tração por flexão em prismas de concreto

O objetivo deste ensaio é definir a resistência à tração de corpos de prova prismáticos, unidos com o sistema epóxi que se quer analisar, por ruptura à flexão. A Figura 5.2 mostra como o ensaio é realizado, indicando a posição onde é aplicado o carregamento e onde estão localizados os apoios.

Este ensaio é uma adaptação do método descrito na ASTM C 78-75 "Flexural Strength of Concrete Using Simple Beam With Third Point Loading".

Os prismas, em geral três, são moldados em laboratório, com um concreto, preferencialmente, semelhante ao que será recuperado em obra. Após uma idade que se considere suficiente para o ensaio, dois dos prismas são cortados ao meio com disco diamantado. As superfícies cortadas sofrem uma limpeza adequada e logo após aplica-se o sistema epóxi na espessura recomendada pelo fabricante. Coloca-se uma metade sobre a outra a fim de que exista uma pressão para auxiliar na aderência. Depois de sete dias, tempo de endurecimento completo do sistema epóxi, os dois corpos de prova corrigidos, mais o íntegro, são rompidos.

O desempenho do sistema epóxi é avaliado através da observação do local onde se deu a ruptura, se fora ou na junta de união, e da comparação da tensão de ruptura registrada nos prismas corrigidos com a do, ou dos, prismas íntegros.

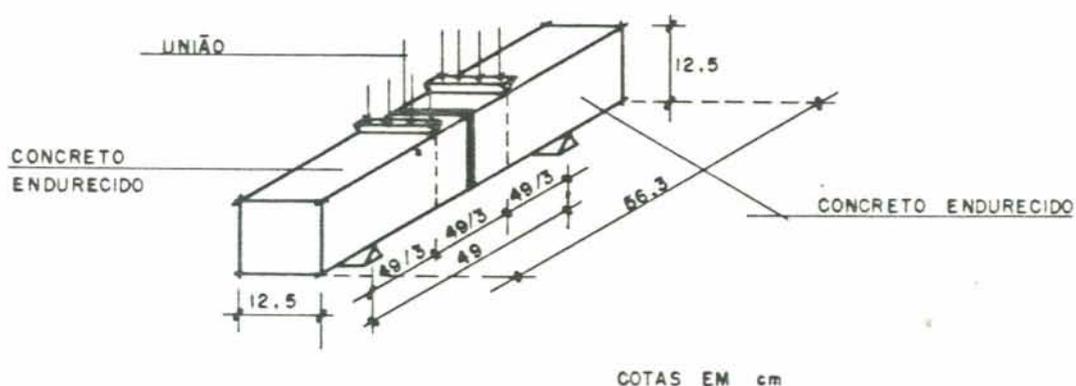


Fig. 5.2 - Ensaio de tração por flexão em prismas de concreto

A Norma Francesa AFNOR NF P 18-853 - "Produits ou Systemes de Produits Destines Aux Application Superficielles sur Beton Durci - Essai D'Adherence par Traction Apres Cycles

Thermiques sur Eprouvette Sciee", diversificou este ensaio acrescentando ciclos térmicos aos corpos de prova.

No primeiro caso, os corpos de prova são submetidos a ciclos térmicos antes da aplicação da carga. A carga e o modo de ruptura destes corpos de prova são comparados diretamente com os corpos de prova corrigidos que não sofreram os ciclos térmicos ou mesmo comparados diretamente com os corpos de prova íntegros.

No segundo caso o objetivo continua sendo o mesmo, ou seja, comparar resistências à tração e modos de ruptura, no entanto, a comparação é feita com corpos de prova corrigidos e que se submeteram a ciclos de fadiga, apresentando, com isso, um envelhecimento por cansaço mecânico.

#### 4 - Ensaio de cisalhamento em três prismas unidos com um sistema epóxi de injeção

O objetivo deste ensaio é avaliar a resistência ao cisalhamento da ligação, com o sistema epóxi analisado, dos três prismas. Os três cubos são de concreto e possuem dimensões de 12x12x10cm.

A figura 5.3 mostra o esquema geral deste ensaio.

Este método de ensaio está preconizado na normalização US Army CRD C 590 (1974) - "Corps of Enginners".

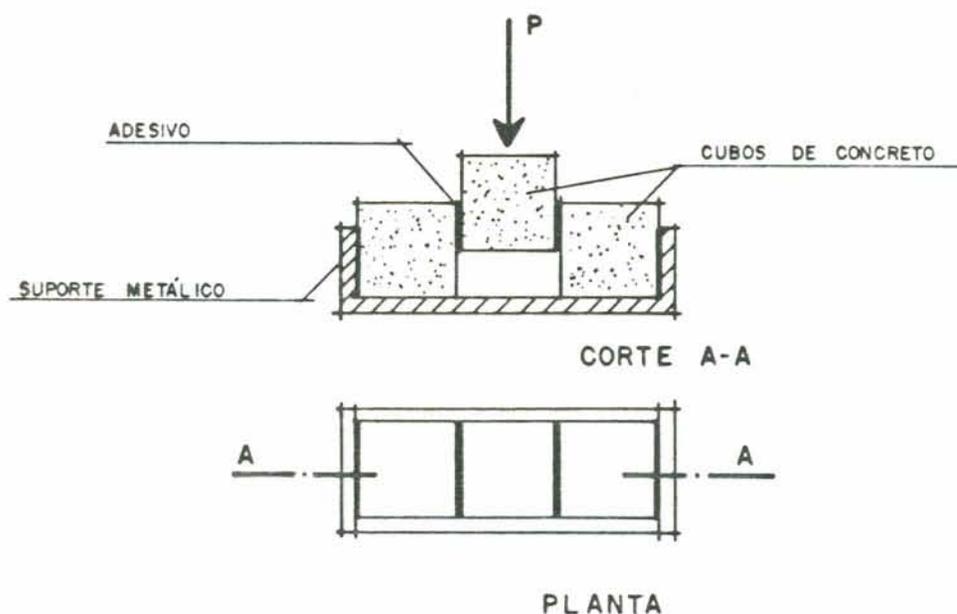


Fig. 5.3 - Ensaio de cisalhamento em três cubos unidos com um sistema epóxi de injeção

#### 5 - Ensaio de Reconstituição do cilindro

O objetivo deste ensaio é avaliar a capacidade de reconstituição, ou de restabelecimento das características resistentes iniciais de corpos de prova cilíndricos.

A ASTM C 882-78 "Bond Strength of Epoxy Resin Systems Used With Concrete"<sup>(7)</sup> possui um método normalizado, Figura 5.4, que avalia sistemas epóxi, porém os corpos de prova são confeccionados de argamassa com resistência mínima de 19,3 MPa aos 7 dias.

Para avaliação do desempenho de sistemas epóxi junto ao concreto, se tem o ensaio desenvolvido pelos pesquisadores H. KRIEGH e N. NORDBY<sup>(49)</sup>. O método ensaia corpos de prova de 15x30cm, previamente cortados em duas partes com disco diamantado, formando um ângulo de 30° com a geratriz do cilindro, de acordo com a Figura 5.4. As duas metades são unidas com o sistema que se quer avaliar e após a cura do sistema, os corpos de prova são rompidos. Desta forma se pode avaliar de maneira global o desempenho do sistema epóxi, pois



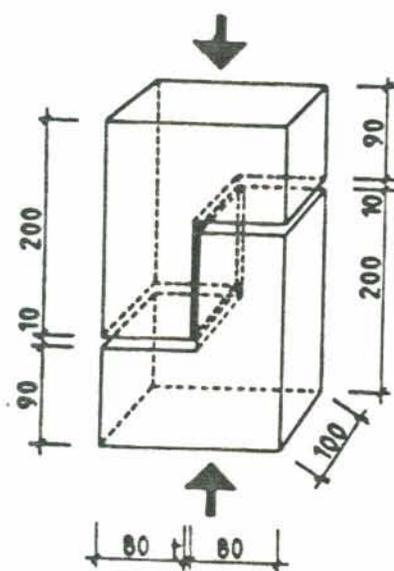


Fig. 5.5 - Ensaio de cisalhamento direto

A Figura 5.6 ilustra as possíveis formas de ruptura do ensaio. A letra A indica que a ruptura se deu exclusivamente no concreto. A letra B supõe uma ruptura apenas do sistema epóxi utilizado. Em alguns casos pode ocorrer uma ruptura mista com parte no concreto e outra no sistema epóxi. Essa situação é identificada na Figura 5.6 como A/B.

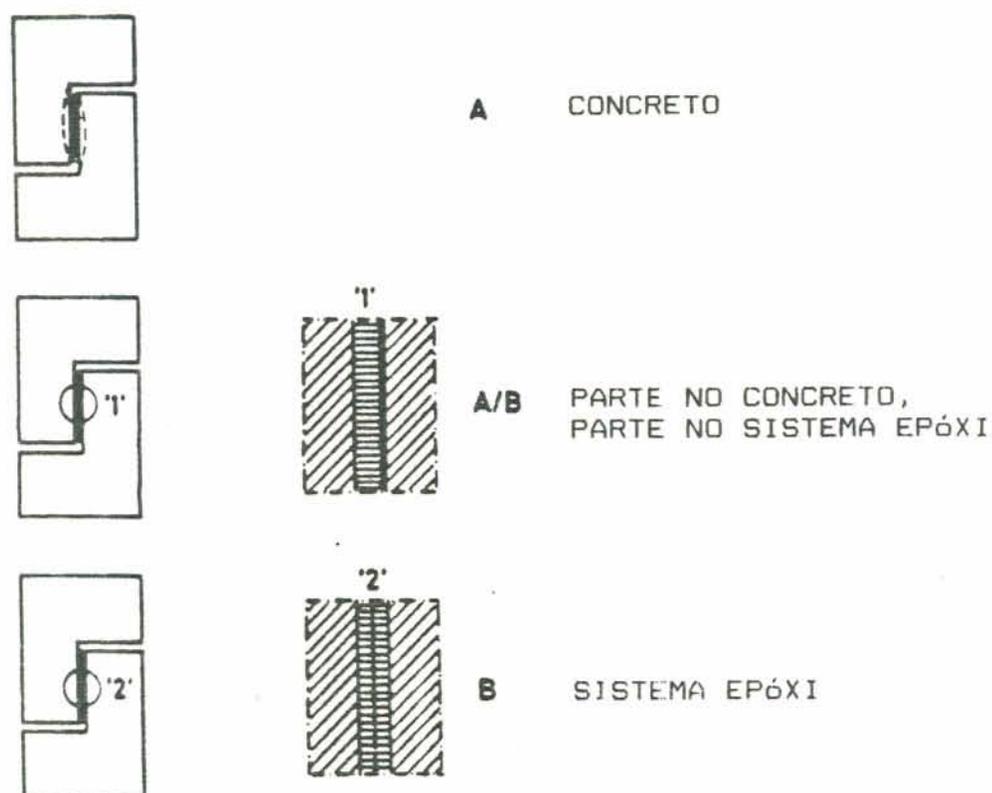


Fig. 5.6 - Formas possíveis de ruptura verificadas no ensaio de cisalhamento direto

Este ensaio se encontra na normalização RILEM - Comitê Técnico 52 - RA 1986, Projeto de Recomendações.

#### 7.- Ensaio de Flexão sobre prisma vazado e reconstituído

O objetivo deste ensaio é verificar a aderência dos sistemas epóxi ao concreto endurecido submetendo-o a solicitações tangenciais na superfície de contato.

A Figura 5.7a mostra as dimensões do corpo de prova de concreto, já com um sulco central que posteriormente é preenchido com o sistema epóxi de injeção. A Figura 5.7b apresenta o corpo de prova com o sulco preenchido com o sistema analisado e pronto para receber o carregamento.

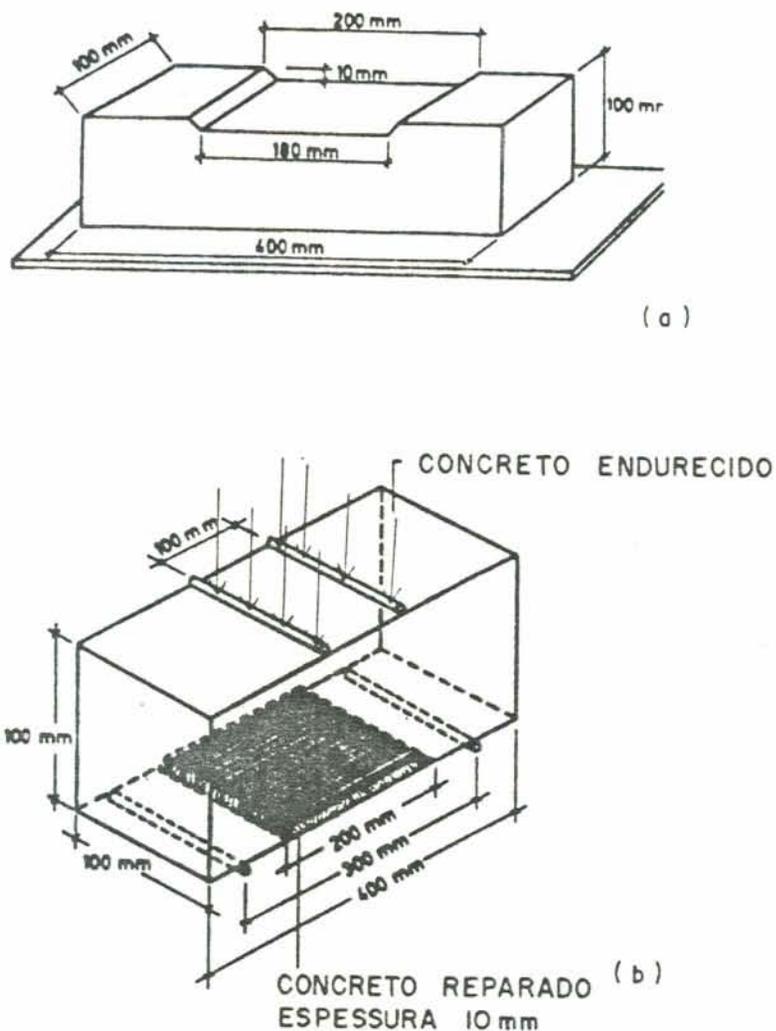


Fig. 5.7 - Ensaio de flexão sobre prisma vazado e reconstituído

Na Figura 5.8 se pode observar as possíveis formas de ruptura verificadas no ensaio. A ruptura no concreto indica que o sistema epóxi é de boa qualidade.

Esse ensaio está preconizado na Norma Francesa NF P 18-851 - "Produit ou Systemes de Produits Destines aux Applications Superficielles sur Beton Durci - Essai de Flexion sur Prisme Evide et Reconstitui". A RILEM, através do Comitê Técnico 52-RAC - Projeto de Recomendações de setembro de 1986, também se refere a este ensaio.

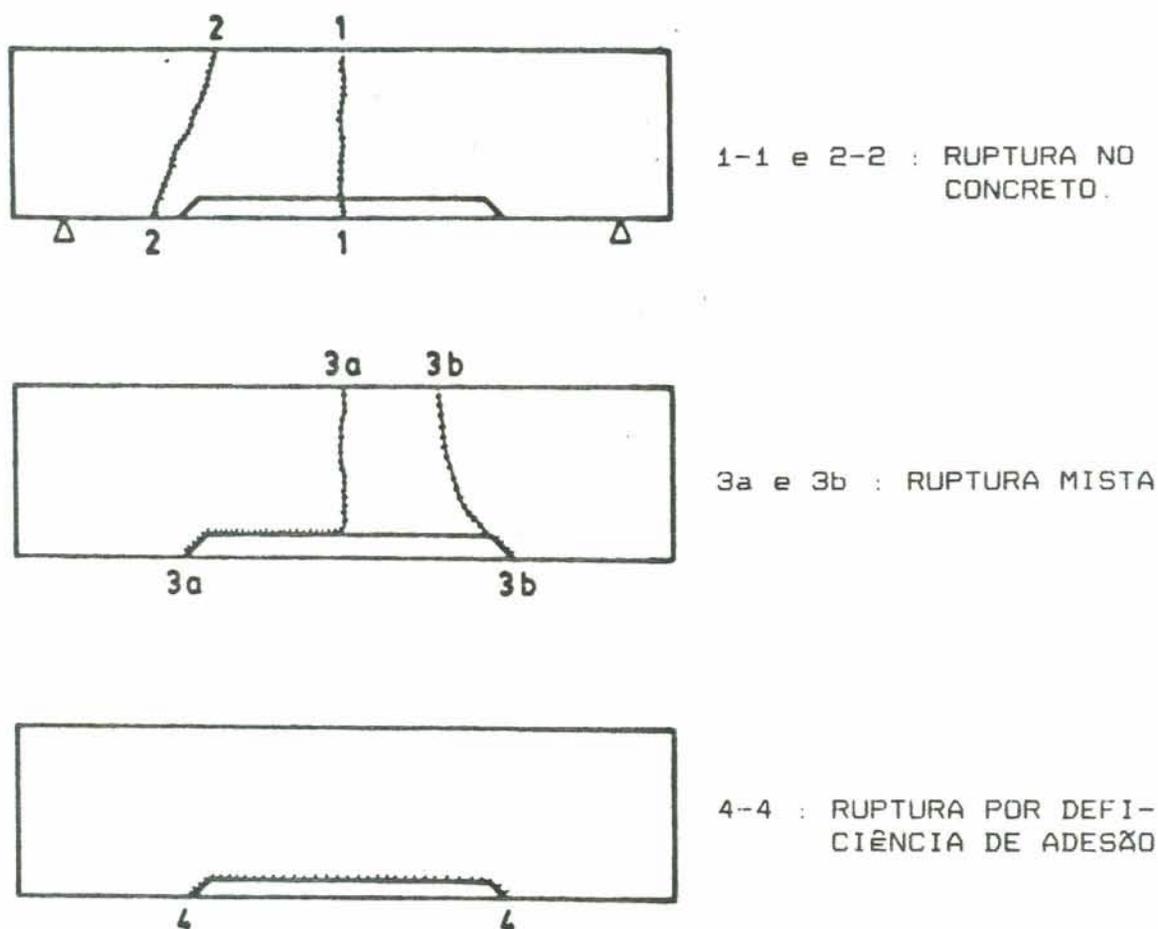


Fig. 5.8 - Formas possíveis de ruptura verificadas no ensaio de flexão sobre prisma vazado e reconstituído

#### 8 - Ensaio de aderência sobre suporte de concreto

O objetivo do ensaio é caracterizar a aderência de um sistema epóxi sobre um substrato de concreto, mediante a aplicação de carga instantânea e normal a superfície de união. A aderência é medida pela tração necessária para arrancar um cilindro de aço aderido ao concreto. Além do esforço de tração, a forma como ocorre o descolamento também é analisada.

A AFNOR através da norma francesa NF P 18-831 - "Produits de Scellement a Base de Liants Hydrauliques ou de Resines Synthetiques - essais D'Arrachement", e a RILEM, através do Projeto de Recomendações - Comitê Técnico 52 RAC de setembro de 1986, descrevem este ensaio.

Os esquemas da Figura 5.9 mostram como o ensaio é realizado, enquanto que a Figura 5.10 apresenta as possíveis formas de descolamento do cilindro.

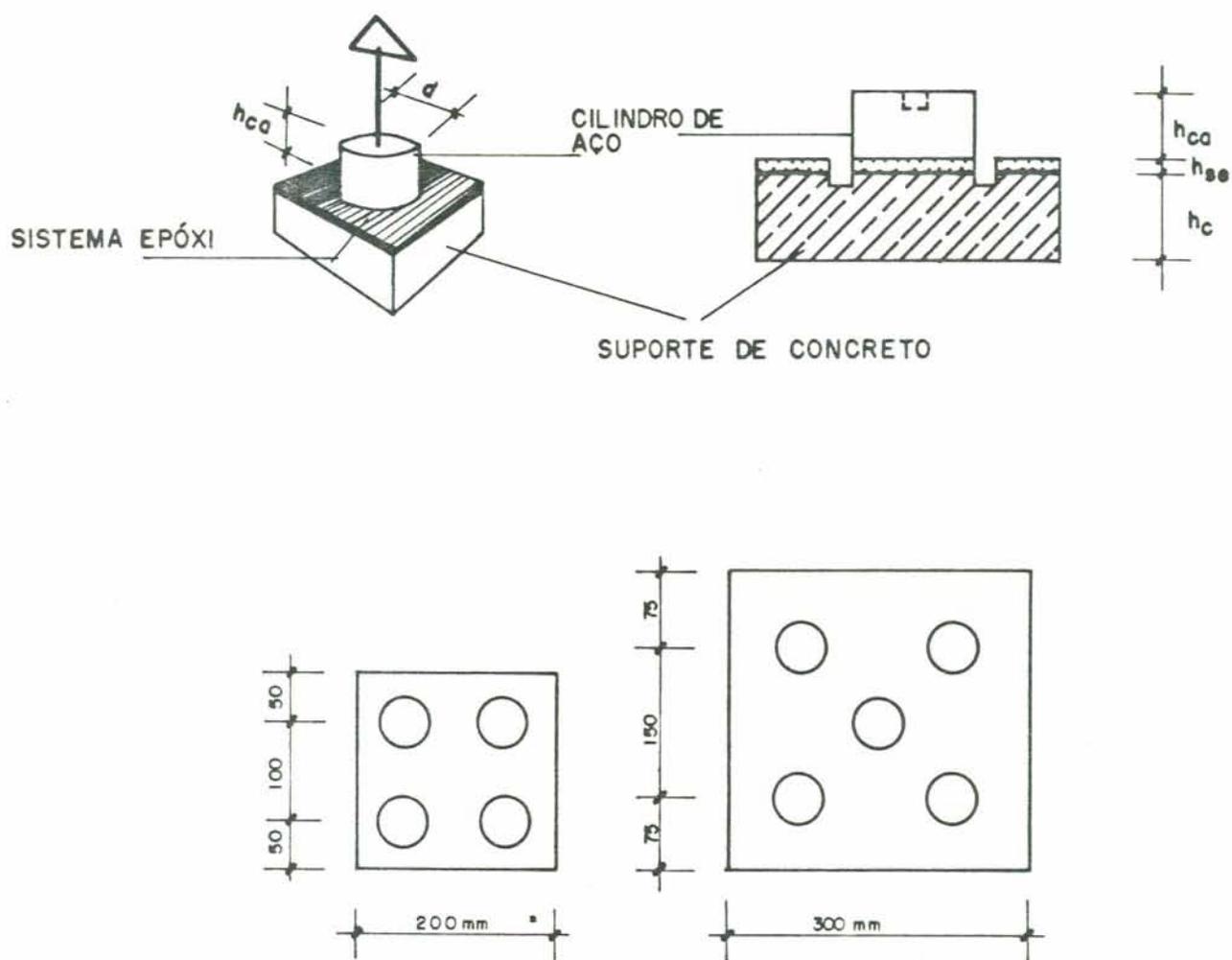


Fig. 5.9 - Ensaio de aderência sobre suporte de concreto

Um método muito próximo desse é o descrito na publicação do ACI 503 R-80 "Use of Epoxy With Concrete"<sup>(4)</sup>, utilizado para verificar a resistência superficial de um concreto que será injetado, por exemplo.

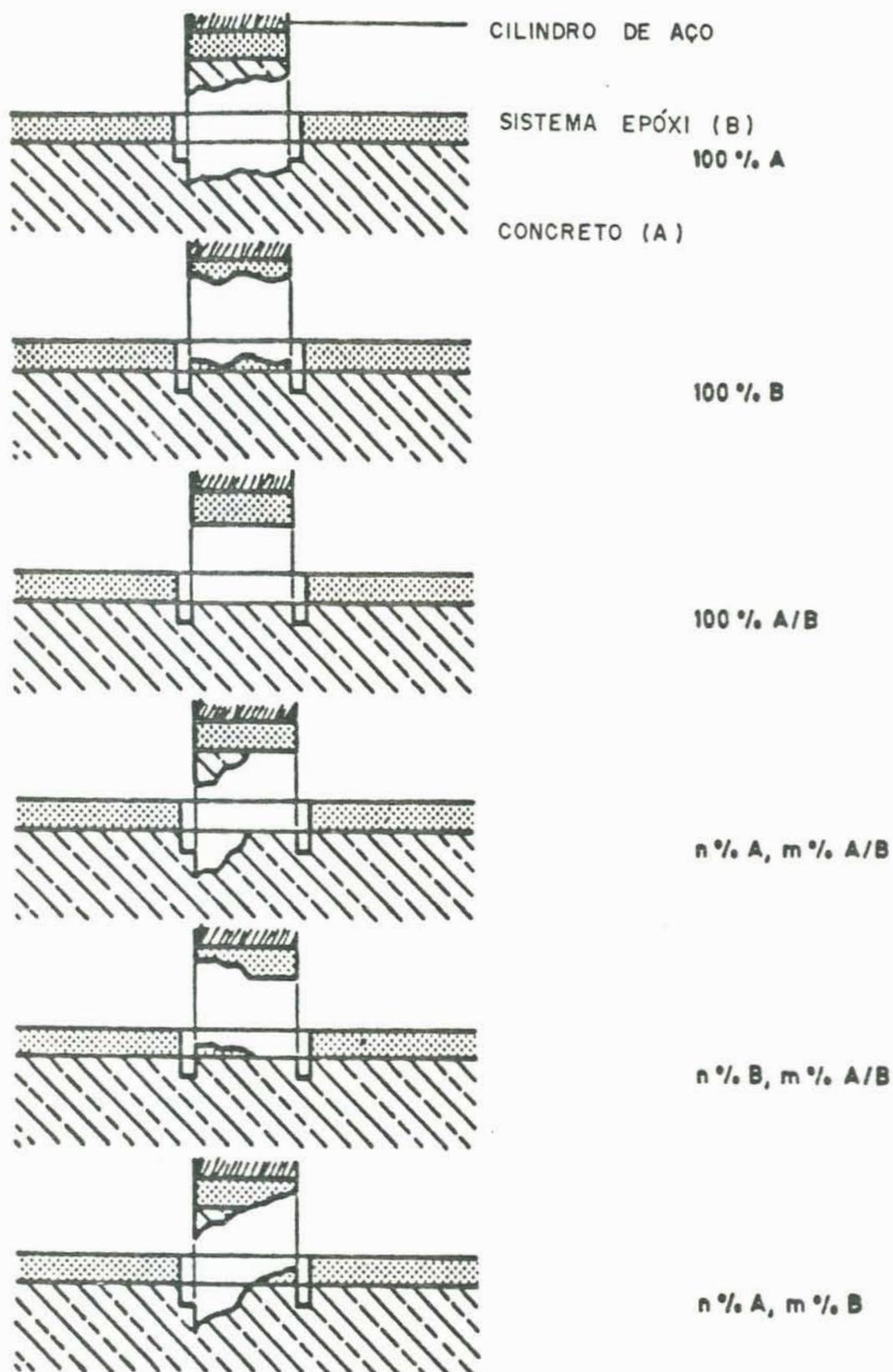


Fig. 5.10 - Formas possíveis de descolamento do cilindro da superfície de concreto no ensaio de aderência sobre suporte de concreto

## 5.2 - ENSAIOS RELATIVOS AO SISTEMA EPÓXI

São também denominados ensaios de caracterização do sistema epóxi e seus componentes.

Os ensaios que se incorporam nesta denominação procuram caracterizar e avaliar aquelas propriedades do sistema ou de seus componentes que possam ser mais significativas para a sua posterior utilização. No entanto não são ensaios ligados especificamente a um substrato ou a uma técnica de recuperação, sendo portanto ensaios de caráter geral sobre o sistema ou sobre os seus componentes (resina, endurecedor e modificadores).

Estes ensaios podem, ainda, estabelecer critérios para o controle de aceitação do sistema epóxi na obra.

Para HELENE<sup>(40)</sup> os ensaios de caracterização das resistências mecânicas (compressão, tração, cisalhamento), não têm utilidade a não ser para catálogos. Isto se deve ao fato de que estes ensaios são realizados em corpos de prova totalmente confeccionados com o sistema epóxi estudado. No entanto, quando solicitados tais esforços, os sistemas epóxi não vão trabalhar nas condições apresentadas nesses ensaios. As informações que podem ser aproveitadas desses ensaios são o tempo de uso ("pot-life") e o tempo de colagem ("open-time") do sistema, que deverão reger a organização do canteiro.

Pode-se no entanto, segundo as exigências da recuperação a praticar e a natureza do suporte, definir um quadro de ensaios a realizar em função de algumas propriedades exigidas.

O teor de epóxi ou equivalente epóxi de uma resina é o indicativo da quantidade de grupos epóxi presentes. O equivalente epóxi é o peso de resina em gramas que contém uma grama de grupos epóxi. O termo "valor de epóxi" é também empregado e representa a quantidade de grupos epóxi contidos em 100 gramas de resina<sup>(50)</sup>.

O teor de epóxi ou equivalente epóxi de uma resina pode ser determinado através do método descrito na ASTM D 1652-73 "Epoxy Content of Epoxy Resins".

Como referência para o planejamento de um controle de recebimento, HELENE<sup>(20)</sup> apresenta uma apreciação de 30 resultados de controle obtidos para uma mesma resina:

a) MÉDIA =  $\bar{x}$  = 0,528

b) DESVIO PADRÃO =  $s$  = 0,005

c) COEFICIENTE DE VARIACÃO =  $v$  =  $s/\bar{x}$  = 1%

Para resinas semelhantes a esta, é comum aceitar lotes cujos resultados médios estejam entre 0,51 e 0,56, sem que isso necessariamente indique uma mudança significativa do desempenho final do produto, desde que o desvio padrão e o coeficiente de variação se mantenham constantes.

O teor de carga mineral ou quantidade de "filler" adicionado a uma resina pode ser determinada por uma adaptação do método descrito na ASTM D 482-79 "Ash from Petroleum Products". Uma quantidade de resina é colocada sobre um recipiente de porcelana e submetida a temperatura de 550°C. O Teor de carga mineral é a relação entre a massa do residual do recipiente e a quantidade total de resina submetida ao ensaio.

As cargas ou "filler" são adicionados às resinas epóxi a fim de simplesmente baixar o seu custo ou ainda para modificar características importantes do sistema como baixar o coeficiente de expansão térmica, reduzir a retração, aumentar as propriedades adesivas e mudar a trabalhabilidade do sistema epóxi.

O teor de materiais voláteis em uma resina pode ser determinado pelo método ASTM D 1259-74 "Nonvolatile Content of Resin Solutions", que apresenta duas maneiras de se obter a quantidade de materiais não voláteis em uma amostra de resina. O teor de voláteis fica sendo o complemento de 100% do material residual do ensaio em relação a massa inicial do ensaio. O procedimento pode ser simplesmente deixando secar (polimerizar) uma quantidade conhecida de resina, uma vez que os voláteis não

participam do processo de colagem, ou ainda submetendo uma certa massa conhecida da resina à temperatura de 105° em estufa com circulação forçada de ar durante duas horas. A ASTM C 881-78 fixa em 3% o teor máximo de voláteis para um sistema epóxi, ou seja, teor de voláteis da resina mais teor de voláteis do endurecedor.

A viscosidade é o indicador das propriedades de manuseio do sistema epóxi. Comercialmente, para fins de marca registrada, a viscosidade junto com o teor de epóxi são as duas propriedades mais utilizadas. No entanto, HELENE<sup>(40)</sup> salienta que para fins de aplicação e utilização de uma resina, esta propriedade, medida na resina, separada dos demais componentes de um sistema, não possui grande importância. O ideal é obtermos a viscosidade do sistema epóxi, uma vez que é assim que ele será utilizado.

A viscosidade pode ser obtida através do viscosímetro tipo BROOKFIELD, conforme descrição do método ABNT MB - 987/77 Determinação da Viscosidade a Impulsor rotativo, ou com base no método ASTM D 1725-62 "Viscosity of Resin Solutions".

A tabela 5.1 apresenta as viscosidades de alguns sistemas epóxi indicados para injeção de fissuras encontrados no nosso mercado.

TABELA 5.1 - Viscosidade de resinas encontradas no mercado brasileiro para injeção de fissuras no concreto

PRODUTO	FABRICANTE	VISCOSIDADE Pa.S.
COMPOUND INJEÇÃO	OTTO BAUMGART	1 a 2 Pa.S.
CONBEXTRA EP-LV	FOSECO	15°C → 0,3 Pa.S.
CONBEXTRA EP-109	FOSECO	10°C → 1,1 Pa.S.
		25°C → 0,1 Pa.S.
SIKADUR 52	SIKA	25°C → 0,3 a 0,4 Pa.S.
201 STRUTURAL INJEÇÃO	CIBA-GEIGY	25°C → 0,176 Pa.S.
202 STRUTURAL INJEÇÃO	CIBA-GEIGY	25°C → 0,224 Pa.S.
203 STRUTURAL INJEÇÃO	CIBA-GEIGY	25°C → 0,608 Pa.S.
204 STRUTURAL INJEÇÃO	CIBA-GEIGY	25°C → 0,848 Pa.S.

A espectrofotometria infravermelha é um ensaio realizado para identificar a homogeneidade e a constância da estrutura molecular de uma resina. Pode ainda, porém com não tanta confiabilidade, identificar os grupos funcionais orgânicos presentes<sup>(40)</sup>. O espectro pode ser obtido segundo princípios descritos no método ASTM D 297-79 "Rubber Products - Chemical Analysis". A Norma Francesa NF P 18-809 - "Produits a base de Resines Synthetiques - Essai D'Identification par Spectrophotometrie D'Absorption Infrarouge", também estabelece um método para identificar, através da espectrofotometria infravermelha, a homogeneidade e a constância da estrutura molecular de uma resina.

A espectrofotometria infravermelha pode ainda ser usada para determinar o equivalente hidróxido de uma resina, importante na propriedade de adesão dos sistemas epóxi<sup>(50)</sup>.

A Figura 5.11 apresenta um espectro de absorção infravermelho típico de uma resina epóxi.

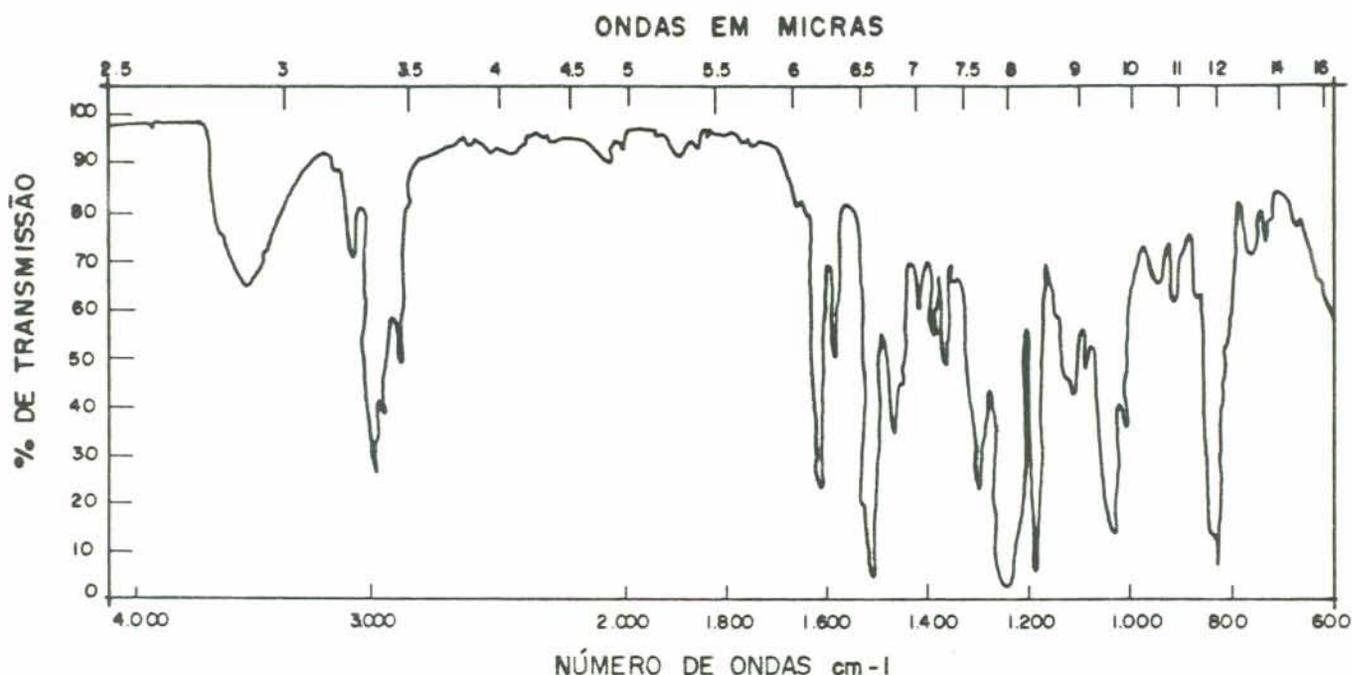


Fig. 5.11 - Espectro infravermelho típico de uma resina epóxi comercial (HELENE, 1988)

Os endurecedores podem ser encontrados sem adições (poliaminas, poliamidas, ácidos e anidridos orgânicos), ou mais comumente combinados com cargas, agentes tixotrópicos, agentes diluentes, flexibilizadores, etc. Desta forma os ensaios de teor de carga mineral, teor de voláteis, espectro-infravermelho podem ser realizados nos endurecedores de forma similar ao realizado nas resinas. Acrescenta-se a estes ensaios o de determinação do teor de amins do endurecedor, que pode ser determinado através do método descrito na ASTM D 2073-76 "Total Primary, Secondary and Tertiary Amine Values of Faty Amines, Amido Amines and Diamines by Referes Potentiometric Method"<sup>(98)</sup>.

### 5.3 - ENSAIOS RELATIVOS A PREPARAÇÃO DO SUBSTRATO

Neste grupo estão incluídos os ensaios e as técnicas de controle que irão analisar e garantir o atendimento dos fatores referentes ao substrato que influenciam no desempenho dos sistemas epóxi nos trabalhos de injeção de fissuras.

Um ensaio que pode ser realizado na superfície que vai receber o sistema epóxi é o de determinação excessiva de umidade apresentado por FERNÁNDEZ CÁNOVAS<sup>(27)</sup>. O método é muito simples e consiste em colocar umas folhas de plástico transparente sobre a superfície do concreto mantendo-as nesta posição durante 8 a 12 horas de modo que não haja circulação de ar entre o concreto e a folha plástica. Se ao longo deste tempo for visualizado pequenas bolhas de água ou mesmo umidade abaixo do plástico, pode-se qualificar a situação como crítica, pois o desempenho de sistemas epóxi aderidos ao concreto úmido é bem menor do que quando aderidos ao concreto sêco, conforme o discutido no item 4.3 (Fatores relativos ao substrato que influenciam o desempenho de sistemas epóxi) do Capítulo IV. Por outro lado, se após 24 horas de ensaio não se observar bolhas ou umidade na folha de plástico, o estado do concreto pode ser considerado satisfatório.

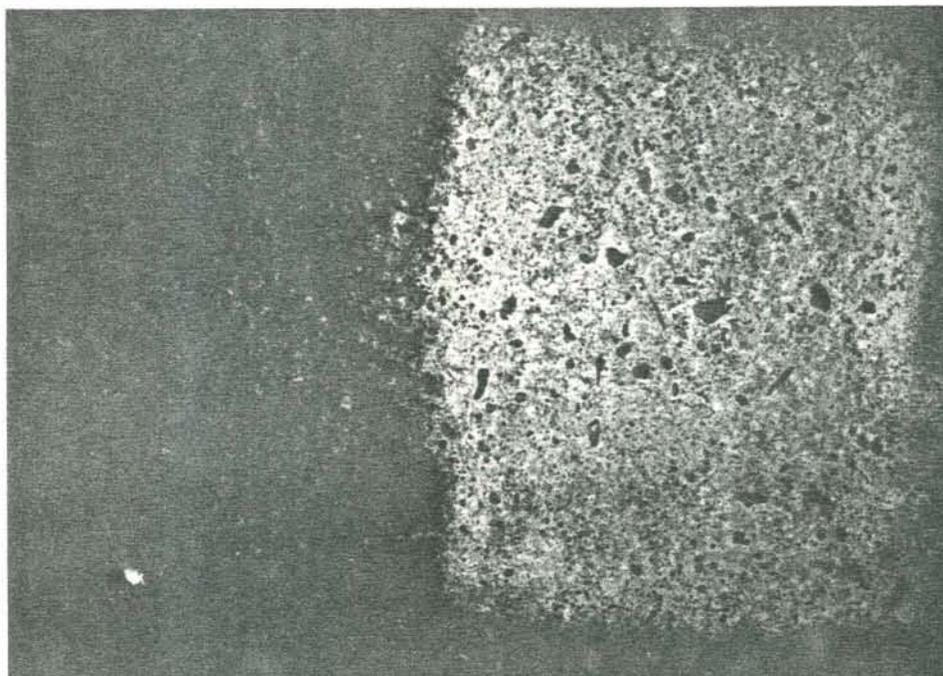
A resistência do concreto sobre o qual vai ser feita a aplicação do sistema epóxi é fundamental, uma vez que, devido as altas resistências dos sistemas epóxi, a maioria das falhas verificadas são produzida no concreto.

Uma estimativa rápida da resistência do concreto pode ser feita através da esclerometria, descrita na NBR 7584.

Um ensaio para avaliar a resistência à tração do concreto que pode ser realizado em obra é o descrito no apêndice A da publicação do ACI 503<sup>(4)</sup> e que neste trabalho está resumido no décimo ensaio apresentado no item 5.1 do Capítulo V. Quando o ensaio é feito apenas para se avaliar a resistência ao arrancamento do concreto, o sistema que une o tubo de metal ao concreto não necessita ser a base de epóxi. Como parâmetro se tem que uma resistência de tração abaixo de 0,7 MPa indica que o concreto é débil<sup>(27)</sup>.

Outros aspectos analisados neste grupo de ensaio são mais ligados a técnicas de controle que a ensaios propriamente ditos. Estes aspectos são os de preparação e limpeza da superfície, tomando-se cuidado para que a superfície esteja

isenta de partículas soltas, graxas, azeite, asfalto ou qualquer outra substância que possa prejudicar a aderência. A Fotografia 5.1 mostra uma superfície de concreto com o lado esquerdo já preparado para receber a aplicação de epóxi.



Fotografia 5.1 - Superfície do concreto preparada para receber uma aplicação de epóxi

#### 5.4 - ENSAIOS RELATIVOS A EXECUÇÃO

São ensaios que dizem respeito ao acompanhamento dos trabalhos de recuperação e a liberação de uma etapa para o início de outra. São referidos em algumas bibliografias como ensaios de acompanhamento.

Este grupo de ensaios e técnicas de controle estão associados ao sistema epóxi e a aplicação efetiva deste no canteiro de obra. São ensaios elegidos ou formulados em função das exigências específicas da recuperação praticada.

A liberação do escoramento das aduelas da ponte Rio-Niterói feita em balanços sucessivos colados, por exemplo, só

podia ser efetuado no momento em que cinco corpos de prova prismáticos de 20x20x80 mm atingissem resistência média à tração por flexão de 20 MPa. Neste caso, houve uma comprovação experimental de que sempre que o sistema atingisse tal resistência no ensaio, a peça já estaria suficientemente aderida na anterior<sup>(40)</sup>.

Criando-se novos critérios de aceitação, o método esclerométrico descrito na NBR 7584 Concreto Endurecido - Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão, também pode ser um ensaio útil no acompanhamento dos trabalhos de recuperação.

Com a intenção de averiguar se, num trabalho de injeção de sistema epóxi em fissuras, houve preenchimento completo do vazio, o ensaio de ultra-som descrito na NBR 8802 Concreto Endurecido - Determinação da Velocidade de Propagação de Onda Ultra-Sônica, pode ser recomendado.

Este acompanhamento deve ser efetuado sempre que se configure uma variação significativa das condições termo-higrométrica, pois se sabe que características dos sistemas como tempo de uso ("pot-life") e tempo de colagem sofrem alterações devido as mudanças dessas condições.

## 5.5 - ENSAIOS RELATIVOS A MANUTENÇÃO

São ensaios e técnicas de controle associadas ao comportamento ao longo do tempo da recuperação executada.

Este controle ao longo do tempo permite acumular experiência em relação ao comportamento da recuperação praticada para futuras intervenções em condições similares ao mesmo tempo que informa o estado atual do elemento recuperado.

Uma prova de carga ou um ensaio esclerométrico podem dar informações sobre o estado atual da recuperação executada.

## CAPÍTULO VI

### EXEMPLO DE AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE SISTEMAS EPÓXI DESTINADOS À INJEÇÃO DE FISSURAS

#### 6.1 - METODOLOGIA

O método aqui proposto para avaliar sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras se enquadra na metodologia esquematizada na Figura 2.1 do Capítulo II.

Já foi visto no Capítulo IV que os produtos a base de epóxi, se comparados com outros, podem ser considerados materiais ainda novos dentro da construção civil.

Quando um produto é novo e seu uso ainda não foi comprovado, ou seja, os critérios de desempenho não foram obtidos, os métodos de avaliação vão ser utilizados não para averiguar se tal produto está em conformidade com os parâmetros quantitativos exigidos, mas sim para, a partir deles, formular critérios mínimos de desempenho que atenderão aos requisitos de desempenho formulados a partir das exigências dos usuários e das condições a que o produto vai estar exposto.

A Figura 6.1 mostra um esquema de avaliação de novos produtos com base no que foi exposto anteriormente e naquele esquema apresentado no Capítulo II.

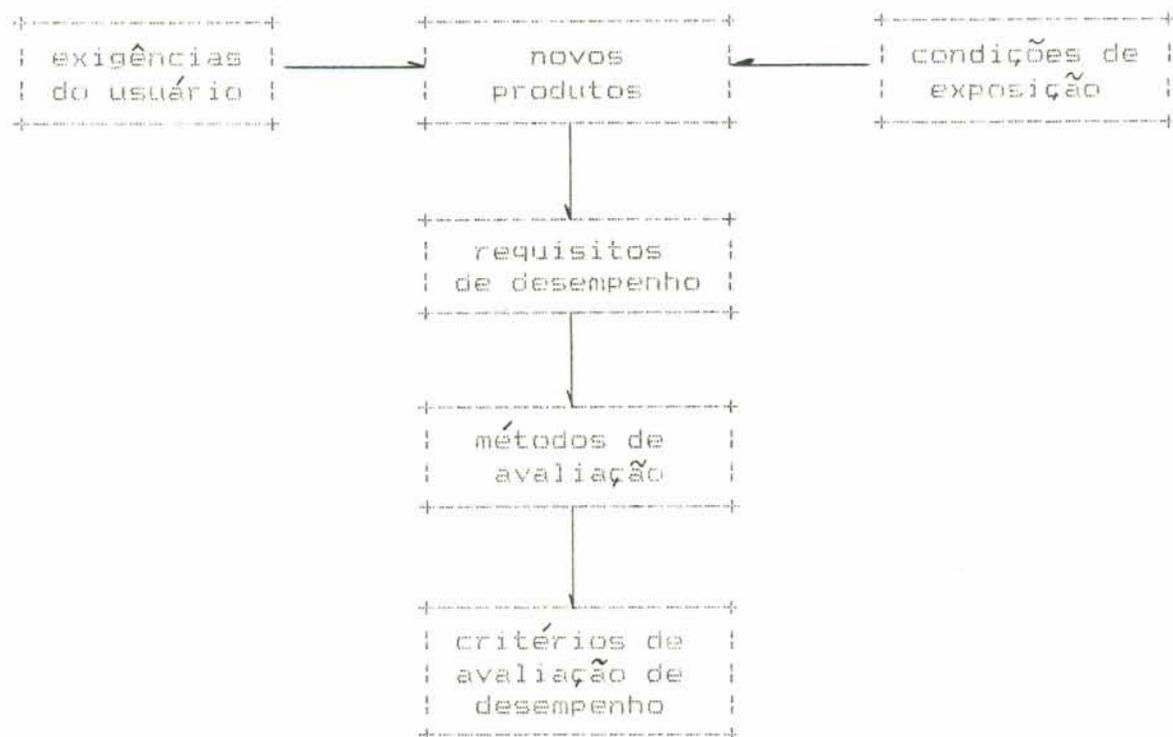


FIGURA 6.1 - Metodologia de avaliação de novos produtos

## 6.2 - PRODUTOS UTILIZADOS NO TRABALHO

Os produtos utilizados no trabalho são produtos indicados pelos próprios fabricantes como sistemas epóxi de baixa viscosidade para injetar em fissuras passivas do concreto.

Foram escolhidos quatro produtos de distintos fabricantes que atuam no mercado brasileiro. A Tabela 6.1 mostra o nome dos produtos utilizados no ensaio proposto com seus respectivos fabricantes.

TABELA 6.1 - Produtos utilizados no ensaio de injetabilidade

FABRICANTE	NOME COMERCIAL
SIKA	SIKADUR-S2
CIBA-GEIGY	STRUTURAL INJEÇÃO 201
OTTO BAUMGART	COMPOUND INJEÇÃO
FOSECO	CONBEXTRA EP-LV

De acordo com a divisão apresentada por PIMENTEL e TEIXEIRA<sup>(40)</sup>, contida no Capítulo IV, os sistemas epóxi ensaiados, com viscosidades entre 0,2 e 2 Pas, são indicados para corrigir fissuras de abertura entre 0,2 e 3mm. Isto indica que os sistemas elegidos são sistemas destinados para uma mesma função.

Outras informações a respeito de cada sistema elegido estão no Anexo V desta dissertação.

### 6.3 - MÉTODO DE ENSAIO

A "American Society for Testing and Materials" (ASTM), o "American Concrete Institute" (ACI), a "Federation Internationale de la Precontrainte", entre outras apresentadas no Anexo I, possuem uma série de procedimentos padronizados para testar os sistemas epóxi.

A maioria destes procedimentos foram desenvolvidos, inicialmente, para atender as necessidades de controle de qualidade na indústria de plásticos e portanto, em muitos casos, não devem ser transportados diretamente para a prática da construção de concreto<sup>(49)</sup>.

A partir desta necessidade, testes especiais têm sido criados por vários pesquisadores e organizações para auxiliar a

avaliação específica dos sistemas epóxi destinados às construções de concreto.

Para KRIEGH e NORDBY<sup>(49)</sup> tais especificações devem ser consideradas como provisórias, até que se tenha um maior conhecimento sobre os sistemas epóxi, ou pelo menos sobre a afinidade empírica entre desempenho e os resultados obtidos nos testes realizados.

Dentro deste contexto é que se resolveu propor um procedimento específico para a avaliação e comparação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras.

O método aqui proposto recebeu o nome geral de Ensaio de Injetabilidade e está dividido em dois ensaios: Ensaio de Penetrabilidade e Ensaio de Reconstituição do Cilindro Adaptado.

O objetivo do método é avaliar e comparar a capacidade de injetabilidade de sistemas epóxi, ou seja a eficiência dos sistemas epóxi em penetrar nos vazios e aderir ao concreto de modo a devolver à estrutura fissurada o seu monolitismo inicial.

Dentro de uma sistemática de avaliação de sistemas epóxi para injeção em fissuras, deve-se levar em consideração o maior número possível de elementos que interferem no seu desempenho, como já dito, no entanto os ensaios propostos questionam os sistemas epóxi no tocante às duas propriedades mais importantes para um trabalho de injeção: a capacidade de penetrar e de aderir no concreto, uma vez conhecidas suas excelentes propriedades resistentes.

Para se analisar o comportamento de um sistema epóxi em trabalhos de correção de fissuras através da técnica de injeção, o ideal seria realizá-la em componentes previamente fissurados. DUBOIS<sup>(52)</sup> apresenta um método para criação de fissuras em vigas por flexo-compressão em laboratório. Entretanto com este procedimento surge o problema da obtenção

de corpos de prova únicos, devido a grande dificuldade de criação de fissuras de formas e dimensões uniformes.

Sendo praticamente impossível obter repetitividade através de procedimentos mais reais, passou-se a buscar alternativas que possibilitassem a comparação dos sistemas epóxi de injeção.

O método proposto procura atender os aspectos de repetitividade bem como levar em consideração a natureza do suporte, a técnica de recuperação e o material empregado.

### 6.3.1 - ENSAIO DE PENETRABILIDADE

O objetivo deste ensaio é avaliar a habilidade dos sistemas epóxi de penetrar em vazios.

Através da variável profundidade de penetração é possível analisar o comportamento dos diversos sistemas epóxi quanto a capacidade de penetrar.

Para comparar e avaliar a penetrabilidade dos sistemas epóxi em fissuras foi feito uma adaptação dos ensaios realizados na "North Carolina State University"<sup>(61)</sup>.

Para cada sistema elegido foram utilizados três provetas de vidro (Figura 6.3). As provetas devem estar limpas e secas antes do início do ensaio.

As provetas de vidro são colocadas na posição vertical e preenchidas com areia padronizada até a altura de dez centímetros.

A areia representa um obstáculo padrão para todos os sistemas epóxi ensaiados. Ela deve estar seca antes de ser colocada no interior da proveta.

O adensamento da areia é feito em três etapas, nos níveis de quatro, sete e dez centímetros. Este adensamento é feito com auxílio de um bastão de madeira.

O sistema epóxi deve ser misturado de acordo com as especificações do fabricante e imediatamente colocado dentro da proveta com o auxílio de uma seringa, até uma altura de três centímetros a contar do topo da areia.

Neste momento deve ser lida a temperatura e umidade relativa do ambiente.

O tempo inicial de ensaio começa a ser registrado neste instante. A profundidade de penetração é medida a partir do topo da areia e ao longo do tempo até que o sistema tenha curado e não exista mais a possibilidade de penetração na areia.

A Figura 6.2 mostra o comportamento da variável profundidade de penetração de um sistema epóxi ao longo do tempo. Nela se pode observar que existe uma penetração instantânea ou ainda que a partir de aproximadamente sessenta minutos o sistema epóxi não mais penetra na areia, o que determina o tempo que se pode dispor para manusear o produto.

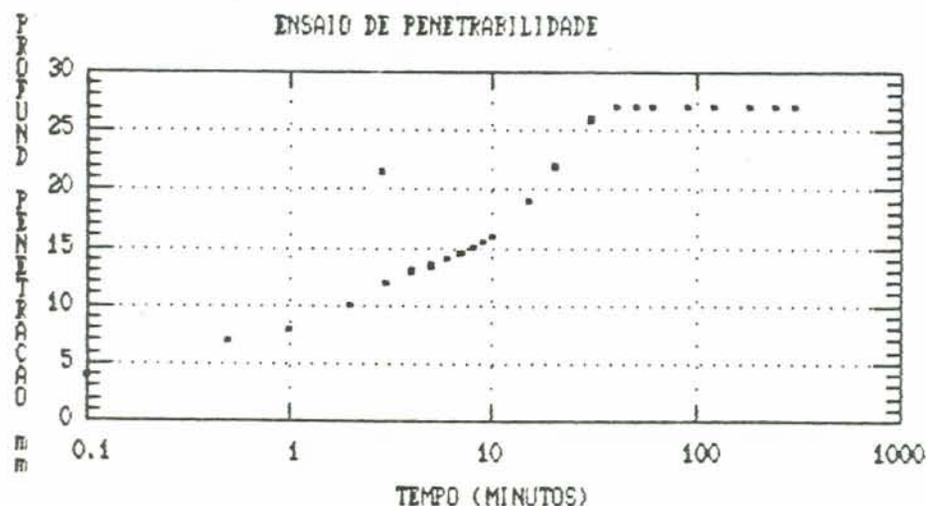


Fig. 6.2 - Comportamento da variável profundidade de penetração de um sistema epóxi ao longo do tempo

A profundidade de penetração de um sistema epóxi de um determinado fabricante é dada pela profundidade média

registrada nas três provetas. Este valor médio é analisado estatisticamente.

Os valores das profundidades de penetração tomados ao longo do tempo, como mostra a Figura 6.2, são graficados com o mesmo programa.

A Figura 6.3 mostra o esquema geral do ensaio de penetrabilidade.

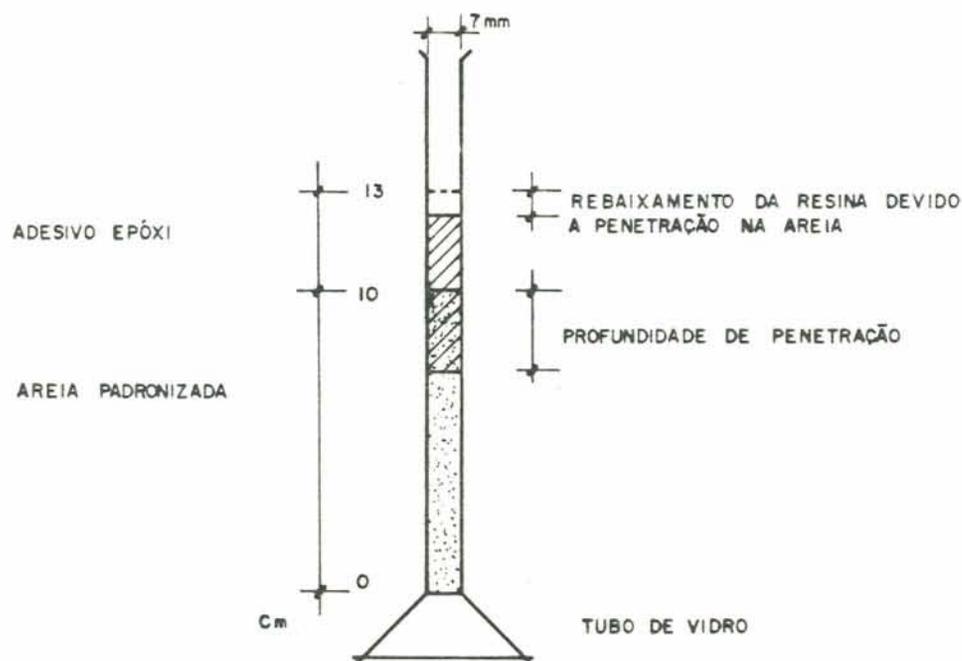


Fig. 6.3 - Esquema geral do ensaio de penetrabilidade.

### 6.3.2 - ENSAIO DE RECONSTITUIÇÃO DO CILINDRO ADAPTADO

O objetivo deste ensaio é comparar a capacidade dos sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras do concreto em devolver o monolitismo a corpos de prova cilíndricos de concreto.

As variáveis analisadas para atingir este objetivo são a tensão de ruptura axial e a forma de ruptura do cilindro.

Este ensaio está embasado nos trabalhos realizados pelos pesquisadores KRIEGH e NORDBY<sup>(49)</sup> e nas normas ASTM C 882<sup>(7)</sup> e FIP 9/2<sup>(25)</sup>.

A Figura 6.4 mostra um esquema geral do ensaio. Nela se pode observar que o cilindro não é totalmente cortado, sendo interrompido a 15mm antes de atravessá-lo, este corte é feito com um disco diamantado formando um ângulo de 30° com a geratriz do cilindro.

A abertura deixada no cilindro é constante e de espessura igual a espessura do disco, no caso 3mm.

O concreto utilizado neste ensaio poderá ter as mesmas características do que será unido na obra. Neste caso se quer testar um ou mais sistemas epóxi para uma condição preestabelecida.

Para cada tipo de sistema epóxi de um determinado fabricante são reconstituídos três cilindros. Outros três corpos de prova confeccionados com o mesmo concreto são mantidos íntegros. Estes corpos íntegros são rompidos com os demais e a partir dos dados obtidos de tensão de ruptura e forma de ruptura, se pode fazer análises.

A desforma dos corpos de prova ocorrem após 24 horas da moldagem. Durante os 16 próximos dias é feita a cura em câmara úmida. Após estes dias os corpos de prova são cortados e mantidos ao ambiente por mais 24 horas. Passado este período é feito o fechamento lateral das aberturas e depois de três dias procede-se a correção dos cilindros com os sistemas epóxi de injeção. Espera-se 7 dias para que os sistemas epóxi curem e no vigésimo oitavo dia, tanto os corpos de prova corrigidos como os íntegros são rompidos.

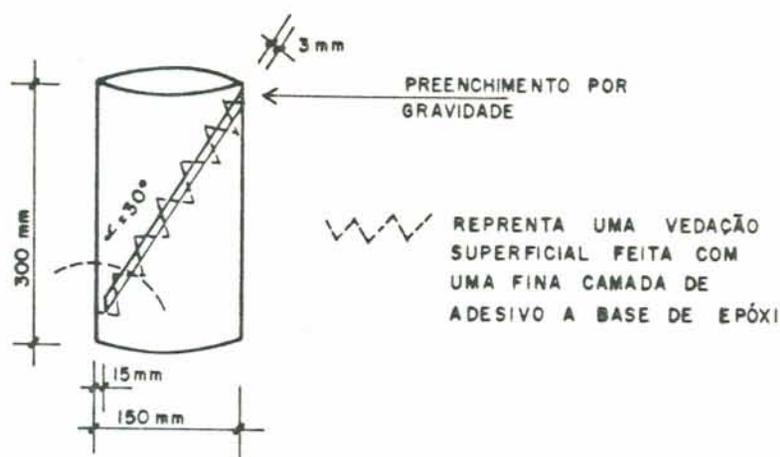


Fig. 6.4 - Esquema geral do ensaio de reconstituição do cilindro adaptado

O Anexo II mostra, através de uma sequência de fotografias, as principais etapas deste ensaio.

Os resultados das tensões de ruptura são analisados com o auxílio do programa "Statgraphics" e as formas de ruptura dos cilindros corrigidos são comparadas com as formas de ruptura dos cilindros íntegros.

Nas Fotografias 15 e 16 do Anexo II se pode observar dois sistemas epóxi de qualidades distintas. A ruptura do cilindro na seção de colagem indica que o sistema é de má qualidade, enquanto que uma ruptura transversal à seção de colagem indica que o sistema epóxi utilizado devolveu uma certa integridade ao corpo de prova. Neste último caso a tensão de ruptura passa a ser um dado importante na análise, pois deve-se verificar se a tensão de ruptura foi semelhante àquela registrada no corpo de prova íntegro.

No entender do autor, neste tipo de ensaio e da forma como ele é realizado, para concretos de resistências elevadas é difícil que se consiga tensões de ruptura iguais entre os corpos de prova corrigidos e íntegros. Isso acontece porque a superfície de colagem não recebe picoteios ou qualquer outro tipo de preparo, pelo contrário a superfície apresenta-se totalmente lisa devido ao efeito do disco de corte. Num caso H

real se tem que as fissuras apresentam rugosidades e inclinações não constantes. No caso do ensaio proposto em que se está indo a favor da segurança, e os critérios de avaliação devem ser referentes a um percentual de devolução do monolitismo, não sendo obrigatório que a resistência dos corpos de prova reconstituídos seja igual à dos corpos de prova íntegros.

O ensaio submete a ligação sistema epóxi-concreto a forças de compressão, cisalhamento e tração.

#### 6.4 - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS

Os ensaios foram realizados no Departamento de Engenharia de Materiais, da Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC.

Os resultados foram obtidos conforme o descrito nos itens 6.3.1 e 6.3.2.

O preenchimento dos corpos de prova de concreto e das provetas de vidro com os sistemas epóxi se deu em um único dia. Durante essa operação a temperatura ficou em torno dos 32°C e a umidade relativa do ar em 60%.

##### 6.4.1 - RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO DE PENETRABILIDADE

A variável profundidade de penetração foi registrada durante um intervalo de tempo de zero à 300 minutos.

Na Tabela 6.2 estão registrados os valores das profundidades de penetração das três provetas de cada uma das quatro marcas de sistemas epóxi ensaiadas. Abaixo da mesma tabela se encontra uma lista explicativa das variáveis utilizadas.

TABELA 6.2 - Resultados obtidos no ensaio de penetrabilidade

tempo (min.)	profundA1 (mm)	profundA2 (mm)	profundA3 (mm)	profundB1 (mm)	profundB2 (mm)	profundB3 (mm)	profundC1 (mm)	profundC2 (mm)	profundC3 (mm)	profundD1 (mm)	profundD2 (mm)	profundD3 (mm)
0,1	4	5	5	6	5	6	3	4	2	3	4	3
0,5	7	6	7	8	7	7	4	5	3	5	5	4
1	8	8	9	10	11	11	5	6	4	7	6	5
2	10	11	10	11	13	12	6	6,5	6	8	7	6
3	12	13	12	11,5	14	13	6,5	7	7	8	8	6
4	13	15	13	12	14	14	7	8	8	9	9	7
5	13,5	16	14	12,5	14,5	15	8	9	9	9	9	7
6	14	16,5	15	13	15	15,5	9	10	10	10	10	7
7	14,5	17	15,5	13,5	15	16	10	11	10,5	10	10	7
8	15	17,5	16	14	15,5	16,5	11	11,5	11	10	11	8
9	15,5	18	16,5	14,5	16	17	11,5	12	11,5	10	11	8
10	16	18	17	15	16,5	17,5	12	12,5	12	11	11	8
15	19	22	21	16	17	18	13	13	13	11	12	9
20	22	26	22	18	18	19	14	14	13,5	11	12	9
30	26	27	23	20	19	21	16	15	14	11	12	9
40	27	27	24	21	21	22	16,5	16	15	11	12	9
50	27	28	24	22	22	23	17	16,5	15	11	12	9
60	27	28	24	23	22,5	24	17,5	17	15	11	12	9
90	27	28	24	24	23	25	18	17	15	11	12	9
120	27	28	24	25	23	25	18	17	15	11	12	9
180	27	28	24	25	23	25	18	17	15	11	12	9
240	27	28	24	25	23	25	18	17	15	11	12	9
300	27	28	24	25	23	25	18	17	15	11	12	9

tempo : tempo em que foram realizadas as leituras das profundidades de penetração

profund : profundidade de penetração de um sistema epoxi ao longo do tempo

A : referente ao sistema epoxi produzido pelo fabricante A

i : quantifica e ordena os corpos de prova ensaiados de um determinado sistema epoxi

#### 6.4.2 - RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO DE RECONSTITUIÇÃO DO CILINDRO ADAPTADO

A variável tensão de ruptura foi obtida por compressão axial nos corpos de prova cilíndricos corrigidos ou íntegros.

Na Tabela 6.3 estão registrados os valores das tensões de ruptura dos três corpos de prova corrigidos com os sistemas de cada um dos quatro fabricantes, mais as tensões de ruptura dos três corpos de prova íntegros. Abaixo da mesma tabela se encontra uma lista explicativa das variáveis utilizadas.

TABELA 6.3 - Resultados obtidos no ensaio de reconstituição do cilindro adaptado

fabricante	I1	I2	I3	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
tensão de ruptura (MPa)	33,4	33,2	33,1	35,5	37,0	33,2	31,4	28,7	27,8	11,6	7,21	7,16	34,9	35,6	35,2

fabricante : fabricante de sistemas epóxi destinado a injeção de fissuras passivas no concreto

tensão de ruptura : tensão de ruptura do cilindro

A : referente ao sistema epóxi produzido pelo fabricante

i : quantifica e ordena os corpos de prova ensaiados

I : referente ao cilindro íntegro

#### 6.5 - APRECIÇÃO DOS RESULTADOS

Os valores encontrados nas análises de variância e os gráficos de profundidade de penetração versus tempo foram obtidos através de um tratamento estatístico com o auxílio de programa computacional disponível no CPGECE da UFRGS.

As interpretações dos valores encontrados se basearam nas considerações feitas por NANNI<sup>(54)</sup> sobre o tema.

A análise apresentada a seguir tem como finalidade verificar se os ensaios propostos cumprem com seu objetivo principal: detectar diferenças de qualidade dos sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras no concreto, se é que existem diferenças.

No decorrer desta apreciação os fabricantes serão identificados por fabricante A, B, C e D.

#### 6.5.1 - APRECIACÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO DE PENETRABILIDADE

Para se fazer uma análise de variância dos resultados obtidos neste ensaio, se considerou apenas a profundidade de penetração final registrada em cada proveta. A Tabela 6.4 mostra os valores das profundidades de penetração finais utilizados na análise de variância.

TABELA 6.4 - Resultados obtidos no ensaio de penetrabilidade utilizados na análise de variâncias

fabricante	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
profund (mm)	27	28	24	25	23	25	18	17	15	11	12	9

fabricante : fabricante de sistema epóxi destinado a injeção de fissuras passivas no concreto

profund : profundidades de penetração finais em cada corpo de prova

A : referente ao sistema epóxi produzido pelo fabricante A

j : quantifica e ordena os corpos de prova ensaiados de um determinado sistema epóxi

Entrando-se no programa com os dados da Tabela 6.4, se obtêm os valores contidos na Tabela 6.5. Através da Função F se pode verificar se existe uma variabilidade significativa entre as médias dos grupos a partir de duas hipóteses:

$H_0$  :  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$  ; as médias não diferem significativamente;

$H_1$  :  $\mu_1 \neq \mu_3$  ; existe uma variabilidade significativa entre as médias.

TABELA 6.5 - Análise de variâncias dos resultados obtidos no ensaio de penetrabilidade apresentados na Tabela 6.4

Fonte de variação	Soma dos Quadrados	G.L.	Média dos Quadrados	Função-F	Nível sig.
Entre os grupos	468,33333	3	156,11111	60,430	0,00001
Dentro dos grupos	20,66667	8	2,58333		
TOTAL (corrigido)	489,00000	11			

Retira-se da Tabela IV de NANNI<sup>(54)</sup> um valor F 0,05(3,8) em que 0,05 representa o nível de significância e 3 e 8 os graus de liberdade entre e dentro dos grupos.

Como F 0,05(3,8), que é igual a 4,07, é menor que F, igual a 60,43, pode-se dizer que existe nesse caso uma variabilidade significativa entre as médias dos grupos.

A Tabela 6.6 apresenta as médias das profundidades de penetração de cada tipo de sistema epóxi e os intervalos onde se pode encontrar a média com 95% de confiança baseados no erro padrão combinado.

Com base nos erros padrões no interior de cada grupo de sistema epóxi, pode-se constatar que nenhuma das observações realizadas se distanciou significativamente da média do grupo.

TABELA 6.6 - Médias das profundidades de penetração de cada fabricante

fabricante	quantidade	média	erro padrão (interno)	erro padrão (combinados)	intervalos para a média com 95% de confiança	
A	3	26,333333	1,2018504	0,9279607	24,192853	28,473814
B	3	24,333333	0,6666667	0,9279607	22,192853	26,473814
C	3	16,666667	0,8819171	0,9279607	14,526186	18,807147
D	3	10,666667	0,8819171	0,9279607	8,526186	12,807147
TOTAL	12	19,500000	0,4639804	0,4639804	18,429760	20,570240

Os intervalos de confiança para as médias podem ser melhor visualizados na Figura 6.5.

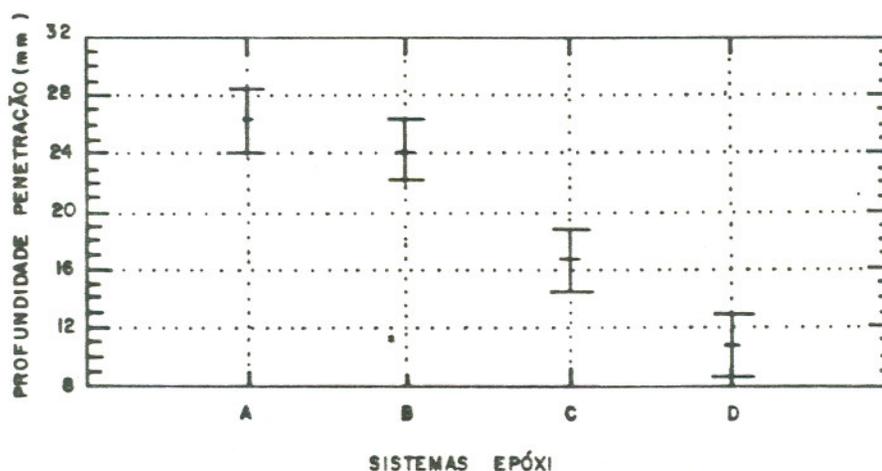


Fig. 6.5 - Intervalos em que se encontram as médias das profundidades de penetração de cada grupo de sistema epóxi com uma confiabilidade de 95%.

O programa fornece ainda valores para o teste de BARTLETT para verificar a homogeneidade dos desvios padrões de sistemas epóxi.

$$B = 1,09082$$

$$\alpha = 0,05$$

$$\gamma = (\text{graus de liberdade}) = 3$$

Através dos valores de  $e$  se retira da Tabela IV de NANNI<sup>(54)</sup> o valor da qui-quadrada ( $x^2$ ). Esse valor é comparado com B.

Como  $B < x^2$ , ou seja,  $1,09082 < 7,815$ , conclui-se que os valores das variâncias ou dos desvios padrões dos resultados de cada grupo apresentam homogeneidade.

As figuras apresentadas a seguir mostram uma graficação dos resultados da Tabela 6.2. Nelas se pode visualizar o comportamento da variável profundidade de penetração, para cada proveta, ao longo do tempo.

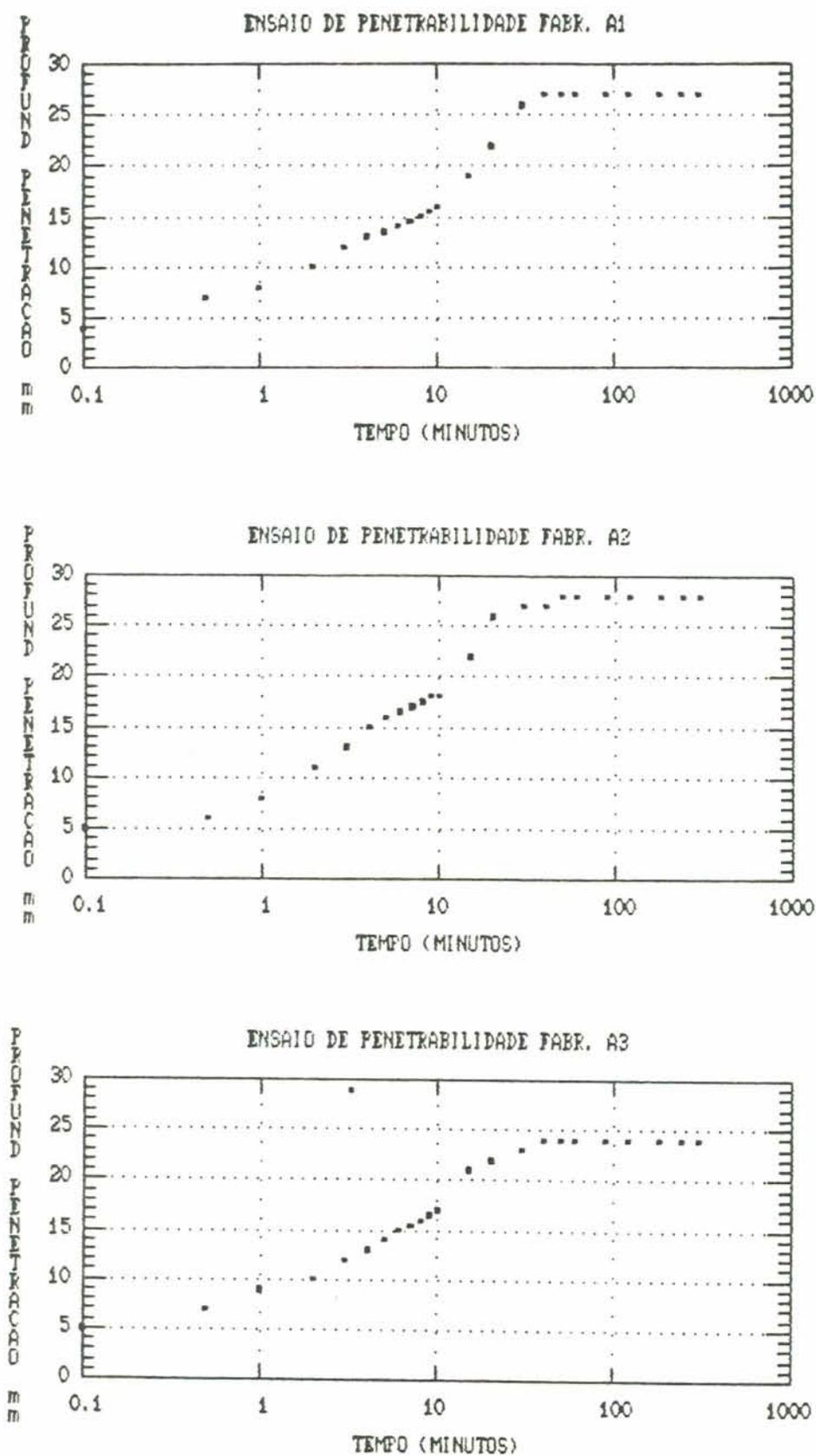


Fig. 6.6 - Resultados do ensaio de penetrabilidade das três provetas com sistema epóxi do fabricante A.

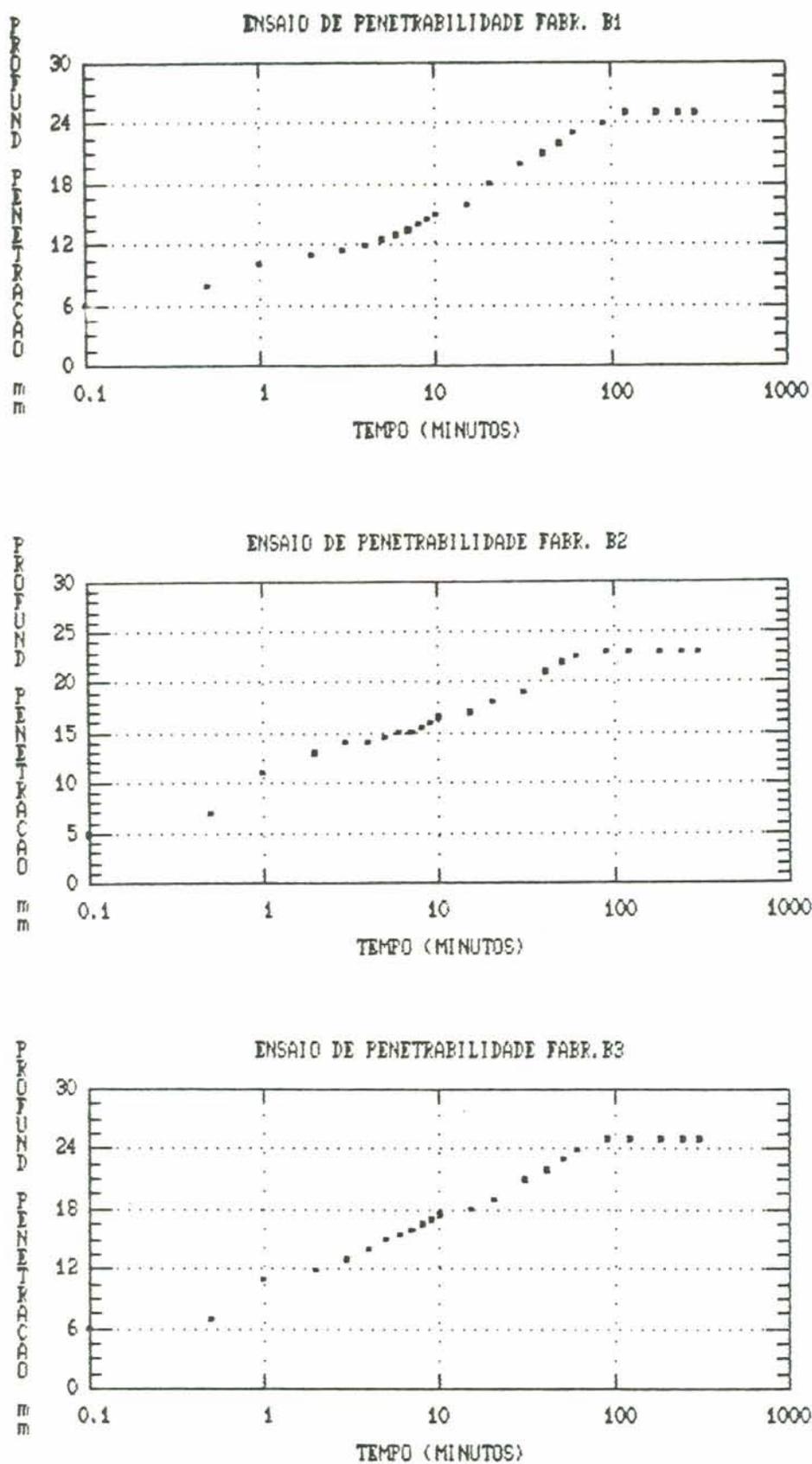


Fig. 6.7 - Resultados do ensaio de penetrabilidade das três provetas com sistema epóxi do fabricante B.

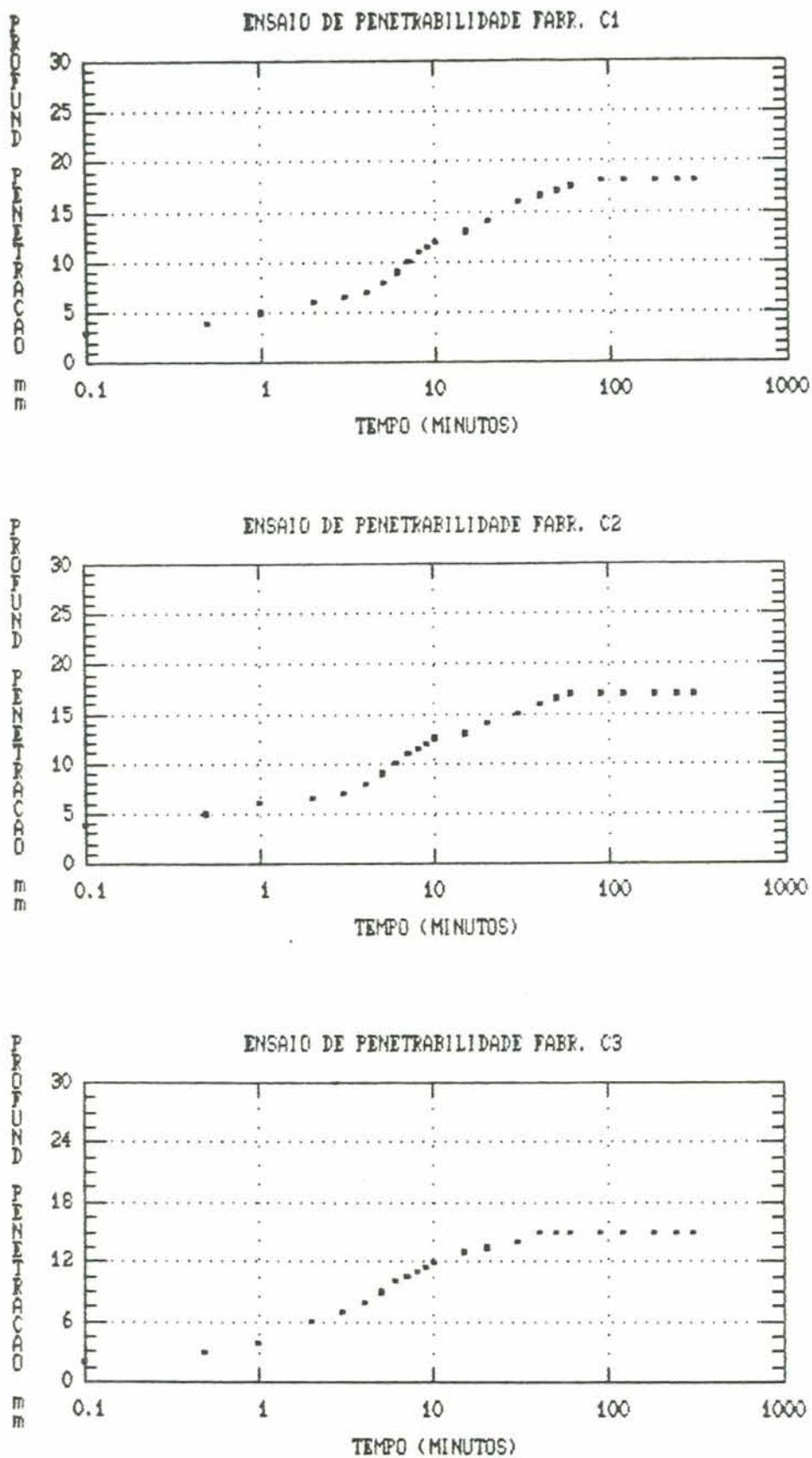


Fig. 6.8 - Resultados do ensaio de penetrabilidade das três provetas com sistema epóxi do fabricante C.

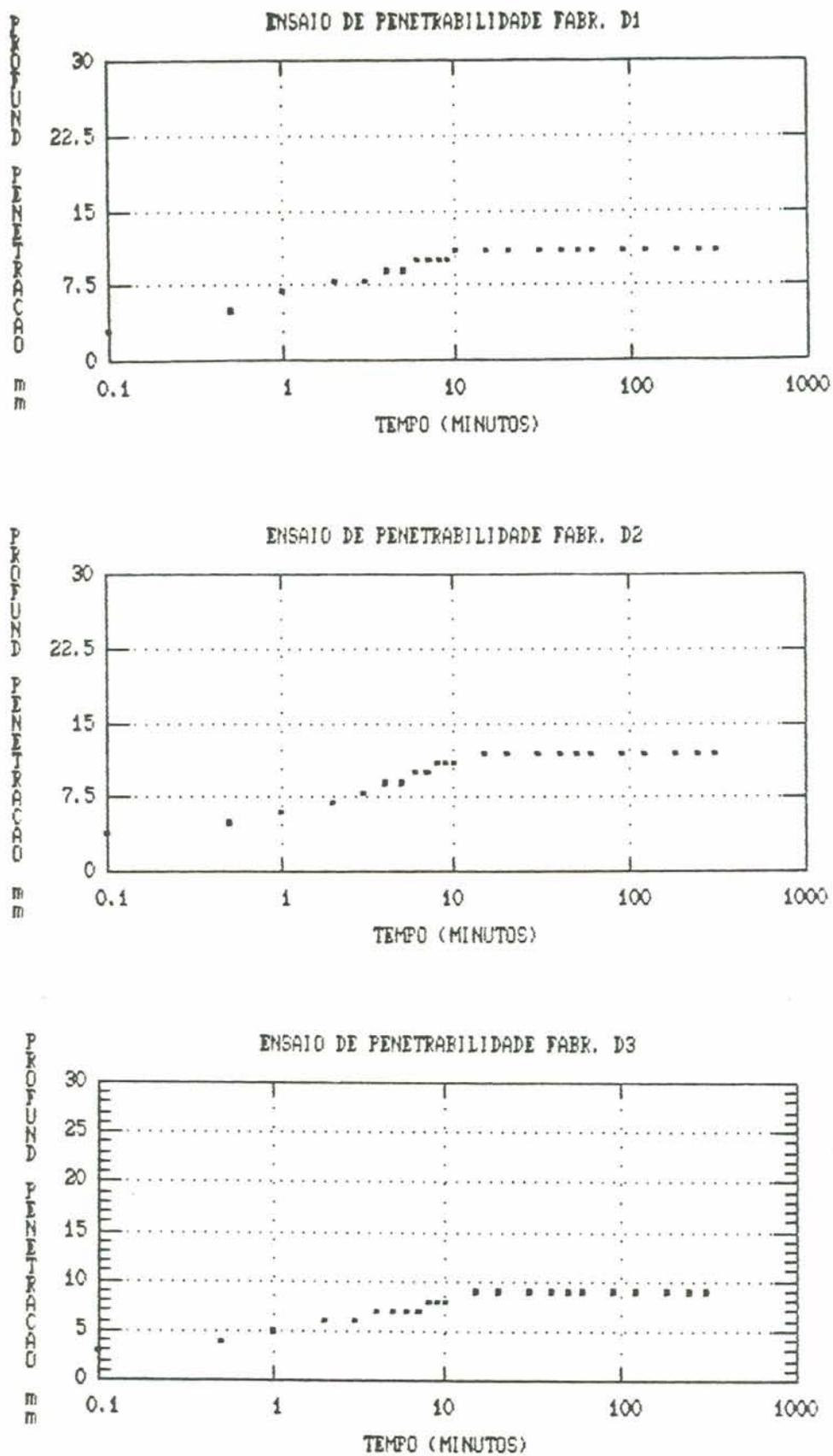


Fig. 6.9 - Resultados do ensaio de penetrabilidade das três provetas com sistema epóxi do fabricante D.

Através da análise de variância e da graficação do comportamento ao longo do tempo da variável profundidade de penetração, é possível tirar algumas conclusões a respeito do ensaio de penetrabilidade.

O teste de BARTLETT nos indica que os valores dos desvios padrões dos grupos estão dispostos de forma homogênea, ou seja que os resultados obtidos para sistemas epóxi de mesma aplicabilidade não apresentam grandes distorções. Da mesma forma, observando-se os erros padrões máximos de cada observação dentro de um grupo, pode-se notar que nenhum dos valores se distanciou significativamente da média do grupo.

Por outro lado, quando se analisa as variâncias das médias entre os grupos, através da distribuição "F", se observa que o ensaio consegue identificar diferença entre estes valores, ou seja, que é identificada a maior ou menor qualidade do produto quanto a capacidade de penetrar. Este fato pode ser perfeitamente visualizado na graficação do comportamento da profundidade de penetração ao longo do tempo.

#### 6.5.2 - APRECIACÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO DE RECONSTITUIÇÃO DO CILINDRO ADAPTADO

Para se fazer uma análise de variância dos resultados obtidos neste ensaio, foram utilizados os dados da Tabela 6.3. Alimentando-se o programa com estes dados, se obtêm os valores da Tabela 6.7.

Através da Função F se pode verificar se existe uma variabilidade significativa entre as médias dos grupos a partir de duas hipóteses:

$H_0$  :  $u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5$  ; as médias não apresentam diferenças significativas;

$H_1$  :  $u_1 \neq u_3$  ; existe uma variabilidade significativa entre as médias.

TABELA 6.7 - Análise de variâncias dos resultados obtidos no ensaio de reconstrução do cilindro adaptado apresentados na Tabela 6.3

Fonte de variação	Soma dos Quadrados	G.L.	Média dos Quadrados	Função-F	Nível sig.
Entre os grupos	1522,0069	4	380,50173	137,683	0,0000
Dentro dos grupos	27,6361	10	2,76361		
TOTAL (corrigido)	1549,6430	14			

Retira-se da Tabela IV de NANNI<sup>(54)</sup> um valor  $F_{0,05(4,10)}$  em que 0,05 representa o nível de significância e 4 e 10 os graus de liberdade entre e dentro dos grupos.

Como  $F_{0,05(4,10)}$ , que é igual a 3,48, é menor que  $F$ , igual a 137,683, pode-se dizer que existe nesse caso uma variabilidade significativa entre as médias dos grupos.

A Tabela 6.8 apresenta as médias das tensões de ruptura de cada tipo de sistema epóxi e os intervalos onde se pode encontrar estas médias com 95% de confiança baseados no erro padrão combinado.

Com base nos erros padrões no interior de cada grupo de sistema epóxi, pode-se constatar que, com excessão do sistema epóxi do fabricante C, nenhuma das observações realizadas se distanciou significativamente da média do grupo.

TABELA 6.8 - Média das tensões de ruptura de cada fabricante

fabricante	quantidade	média	erro padrão (interno)	erro padrão (combinados)	intervalos para a média com 95% de confiança	
I	3	33,233333	0,0681917	0,9597928	31,094211	35,3724551
A	3	35,233333	1,1050390	0,9597928	33,094211	37,3724551
B	3	29,300000	1,0816654	0,9597928	27,160878	31,4391221
C	3	8,656667	1,4717374	0,9597928	6,517545	10,7957891
D	3	35,233333	0,2027588	0,9597928	33,094211	37,3724551
TOTAL	15	28,331333	0,4292324	0,4292324	27,374689	29,287978

Os intervalos de confiança para as médias podem ser melhor visualizados na Figura 6.10.

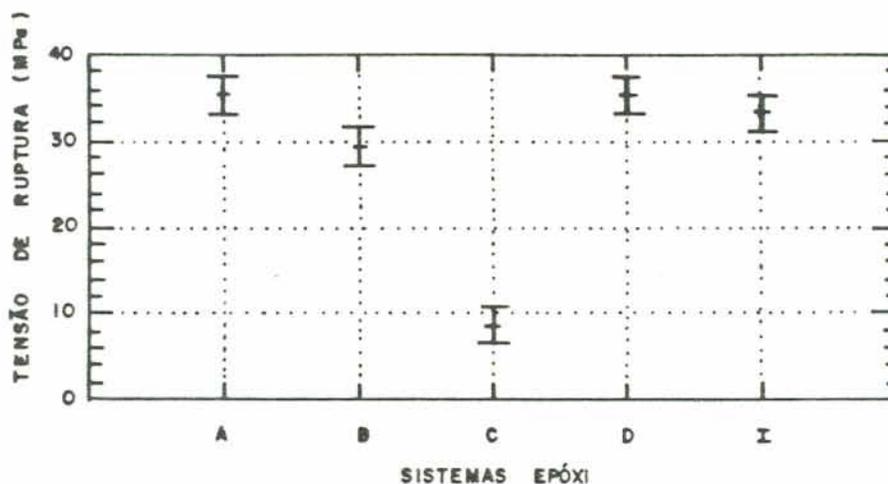


Fig. 6.10 - Intervalos em que se encontram as médias das tensões de ruptura de cada grupo de sistema epóxi com uma confiabilidade de 95%

Os valores fornecidos do teste de BARTLETT verificam a homogeneidade dos desvios padrões dos resultados de cada grupo de sistema epóxi.

$$B = 3,67512$$

$$\alpha = 0,05$$

$$\delta = (\text{graus de liberdade}) = 4$$

Através dos valores de  $e$  e  $s$  se retira da Tabela 3 de NANNI<sup>(54)</sup> o valor da qui-quadrada ( $x^2$ ). Esse valor é comparado com B.

Como  $B < x^2$ , ou seja  $3,67512 < 9,488$ , conclui-se que os valores das variâncias ou desvios padrões dos resultados de cada grupo apresentam homogeneidade, ou seja que os resultados obtidos para sistemas epóxi de mesma aplicabilidade não apresentam grandes dispersões.

Outro ponto a ser apreciado nesse ensaio é a forma como se deu a ruptura dos cilindros corrigidos.

A Fotografia 13 do Anexo II mostra a ruptura do corpo de prova íntegro. A ruptura se dá na forma de dois cones invertidos.

Quando a ruptura dos corpos de prova corrigidos possuem a forma de dois cones invertidos ou tendem a ela, conforme ilustra a Fotografia 15 do Anexo II, e ainda essa ruptura acontece com cargas semelhantes àquela da ruptura dos corpos de prova íntegros, pode-se afirmar que o sistema epóxi devolveu a integridade e o monolitismo ao corpo de prova.

Por outro lado quando a ruptura se dá na ligação entre o concreto e o sistema epóxi, conforme ilustra a Fotografia 16 do Anexo II, e mediante uma carga inferior àquela de ruptura do corpo de prova íntegro, pode-se dizer que o sistema epóxi não teve bom desempenho.

A seguir são apresentados dois quadros resumo dos ensaios realizados:

Através de análise do quadro resumo da Tabela 6.9, constata-se que o produto "A" atingiu profundidades finais de penetração maiores.

TABELA 6.9 - Quadro resumo do ensaio de penetrabilidade

PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO	PRODUTO			
	A	B	C	D
Média (mm)	26,33	24,33	16,67	10,67
Desvio Padrão	2,08	1,15	1,53	1,75
Coefficiente de Variação	7,90	4,73	9,18	16,40
Tempo final de Penetração (min)	35	50	45	10
IF 0,05 (3,8) Tabela		4,07000		
IF Resultado		60,43000		
IB (Bartlett)		1,09082		
IX (Qui-Quadrada)		7,81500		

O coeficiente de variação indica o quanto os resultados obtidos se distanciam da média. Por esse índice, o produto mais indicado passa a ser o B, pois apresentou o mais baixo coeficiente de variação entre os quatro produtos ensaiados. O mesmo acontece quando o tempo final de penetração é analisado, em que o produto B atingiu um tempo de manuseio maior que os demais.

Portanto, pelo ensaio de penetrabilidade, os produtos mais indicados para um trabalho de injeção de fissura são o A e B, ficando os produtos C e D com características de penetrabilidade inferiores.

Pela análise dos resultados do quadro resumo da Tabela 6.10 constata-se que o produto D devolveu ao corpo de prova sua integridade, pois a tensão de ruptura média dos cilindros corrigidos com esse produto foi maior que a dos cilindros íntegros. Acrescentando-se o fato de que os resultados obtidos de tensão de ruptura apresentaram uma variabilidade muito pequena (coeficiente de variação igual a 0,99), pode-se dizer que, pelo ensaio de reconstituição do cilindro adaptado, o produto D é o mais indicado para trabalhos de injeção de

fissuras. No entanto, exceto o produto C, todos os produtos ficaram dentro de uma mesma faixa de aceitabilidade.

TABELA 6.10 - Quadro resumo do ensaio de reconstituição do cilindro adaptado

TENSÃO DE RUPTURA	PRODUTO				Íntegro
	A	B	C	D	
Média (MPa)	35,23	29,30	8,66	35,23	33,23
Desvio Padrão	1,91	1,87	2,55	0,35	0,74
Coefficiente de Variação	5,43	6,38	29,45	0,99	2,20
IF 0,05 (4,10) Tabela			3,48000		
IF Resultado			137,68300		
IB (Bartlett)			3,67512		
IX (Qui-Quadrada)			9,48800		

Por último, cabe ressaltar que os resultados obtidos não são suficientes para estabelecer critérios de desempenho para produtos destinados à injeção de fissura. Os resultados servem, no instante em que existe um número pequeno de repetições, para distinguir a qualidade dos produtos no tocante a duas propriedades importantes verificadas nos trabalhos de injeção de fissura:

- capacidade de penetrar;
- capacidade de devolver o monolitismo.

## CAPÍTULO VII

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se planeja uma obra, se pensa em realizá-la sem problemas, ou pelo menos minimizá-los. Apesar disso, eles acabam surgindo e muitas vezes em dimensões preocupantes.

O estudo da Terapia das Construções existe, e vem se intensificando nos últimos anos, para auxiliar os profissionais da área a resolver os problemas patológicos encontrados em suas obras.

Atualmente existe uma grande quantidade de produtos de recuperação e reparação e, ano após ano, as empresas que trabalham neste setor se encarregam de lançar novos produtos.

Diante disso fica claro a necessidade de critérios e métodos de avaliação desses novos produtos. Para tal o uso de ensaios de fácil reprodução, econômicos e que levem em consideração as características do produto, do substrato e da técnica de recuperação empregada, são imprescindíveis.

Quando não se possui conhecimento e experiência suficientes no emprego de algum produto, aconselha-se os técnicos a seguir as instruções do fabricante e sempre que possível, solicitar sua presença no momento da utilização. No entanto nem a presença do fabricante nem a total obediência às recomendações de catálogo são suficientes para assegurar um bom desempenho final. É necessário empregar uma metodologia de avaliação.

O procedimento apresentado neste trabalho para avaliação de produtos de recuperação é específico para sistemas

de injeção e procura fornecer uma base sólida e técnica para julgamento da qualidade de produtos destinados a um mesmo fim.

O método preenche um vazio existente na bibliografia nacional sobre ensaios de comportamento. Atualmente no Brasil não existem ensaios normalizados relativos a sistemas epóxi.

GUIMARÃES<sup>(97)</sup> sugere que, com o intuito de prosseguir as pesquisas na área, se procure normalizar os produtos utilizados para as recuperações, identificando suas principais características, cuidados e suas limitações, uma vez que as únicas informações que se têm são as fornecidas pelos próprios fabricantes.

A partir dos resultados obtidos nestes ensaios e com a continuação dos estudos através da realização de novos experimentos, será possível obter parâmetros quantitativos para a avaliação dos sistemas epóxi destinados à injeção encontrados no mercado nacional.

Cumprе salientar que durante a realização do ensaio de penetrabilidade se verificou um problema que pode ter sido prejudicial no aspecto de uniformidade do ensaio. Após se colocar os 3 centímetros de sistema epóxi na proveta, se notou que o ar contido no interior da areia dificultou a penetração do sistema. As pequenas bolhas de ar formadas que, em não podendo sair pelo fundo, tentavam sair pela parte superior da proveta para dar lugar ao sistema epóxi, podem ter prejudicado o bom andamento do ensaio.

Para resolver este problema, o autor sugere as modificações apresentadas na Figura 7.1. Na modificação (a) o fundo da proveta é deixado aberto, fixando apenas uma tela de contenção da areia padronizada. Na modificação (b) se mantém a mesma forma da proveta, acrescentando-se apenas pequenas aberturas laterais na parte inferior da proveta.

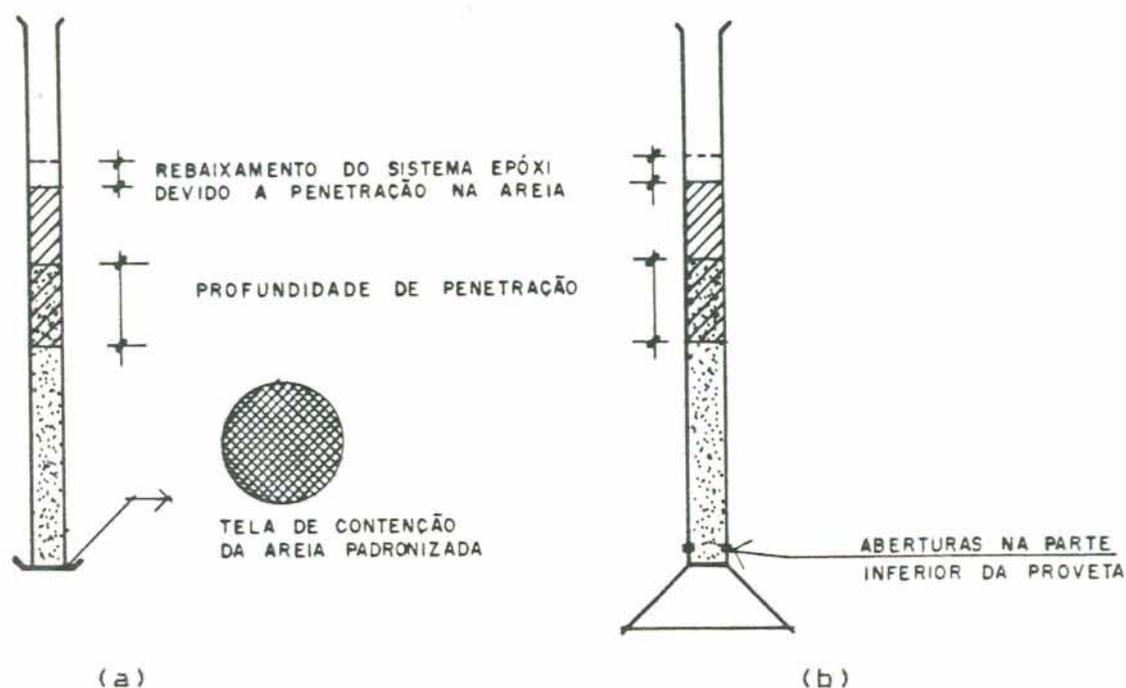


Fig. 7.1 - Modificações sugeridas para o ensaio de penetrabilidade.

Como sugestão para próximos trabalhos na área, têm-se:

- 1) Realizar nova bateria do ensaio de penetrabilidade já com as modificações especificadas na Figura 7.1.
- 2) Realizar os ensaios sob diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar.
- 3) Realizar o ensaio de reconstituição do cilindro adaptado, estando o substrato úmido.
- 4) Variar a resistência do concreto no ensaio de reconstituição do cilindro adaptado.

Finalmente deve-se enfatizar que os problemas até então encontrados durante o uso destes produtos, provêm, na maioria das vezes, de uma má escolha ou má aplicação do sistema epóxi. A origem destas falhas está no desconhecimento do meio técnico. No entanto, este desconhecimento não surge só da falta de interesse de nossos técnicos que, muitas vezes buscam informações, mas principalmente pela carência de publicações adequadas em português.

## BIBLIOGRAFIA

1. ADDLESON, L. Building failures; a guide to diagnosis, remedy and prevention. London, Mackays of Chatham, 1983.
2. AGUILLÓ, L. et alii. Métodos de ensayo para caracterizar los materiales y los sistemas de reparación. In: CURSO DE ESTUDIOS MAYORES DE LA CONSTRUCCIÓN - CEMCO 88, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1988. p.6.1-6.25. (Seminário S.12: diagnosis, protección y reparación de obras de hormigón).
3. ALLEN, R.T.L & EDWARDS, S.C The repair of concrete structures. Glasglow, Blackie, 1987. 204p.
4. ALVES, J.D. Recuperação dos blocos da ponte sobre o rio Tocantins. In: COLÓQUIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO, São Paulo, Ibracon, 1986.
5. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Committee 224. Causes evaluation and repair of cracks in concrete structures. Journal of the American Concrete Institute, 81:211-30, May/June 1984.
6. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Committee 503r-80. Use of epoxy compunds with concrete. In:\_\_\_\_. ACI manual of concrete practice. Detroit, 1982. pt.5.
7. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Bond strength of epoxy-resin systems used with concrete C-882. Philadelphia, 1978.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de obras de concreto armado: NBR 6118. Rio de Janeiro, 1982.
9. BAUER, E. Resistência a penetração da chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos: uma análise de

- desempenho. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 1987. Diss. maestr.
10. BAUER, R.J.F. Estruturas de concreto - patologia. In: COLÓQUIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO, São Paulo, Ibracon, 1986.
  11. BOND, L.K. Remedial work to twentieth century buildings. In: CONFERENCE ON REPAIR AND RENEWAL OF BUILDINGS, London, Nov. 17, 1982. Proceedings ... London, Thomas Telford, 1983. p.63-72.
  12. BURMAN, I. Fissuração no concreto armado: natureza do fenômeno e sua interferência no comportamento e durabilidade das estruturas. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1981. 200p. Diss. maestr.
  13. CARMONA FILHO, A. & MAREGA, A. Retrospectiva da patologia no Brasil; estudo estatístico. In: JORNADAS SUDAMERICANAS DE INGENIERIA ESTRUCTURAL - COLLOQUIA 88, Madrid, 23-27 mayo 1988. Trabajos presentados en las jornadas en español y portugues sobre estructuras y materiales. Madrid, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas & Instituto Eduardo Torroja, 1988. v.6, p.100-23.
  14. CICLO DE PALESTRAS SOBRE PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS, 1., Rio de Janeiro, 15-17 mar. 1972. Anais ... Rio de Janeiro, Clube de Engenharia, 1972. 140p.
  15. CNUUDE, M. La qualité, une garantie pour l'industrie de la construction. CSTC Revue, (2):2-13, Avr./Juin. 1984.
  16. COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. CEB guide to durable concrete structures. Paris, 1985. (Bulletin d'Information, 166)
  17. CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT POUR LA RECHERCHE L'ÉTUDE ET LA DOCUMENTATION. Working Commission W-60. Performance test methods and the interpretation of results. Rotterdam, 1979. 31p.
  18. \_\_\_\_\_. Working with the performance approach in building. Rotterdam, 1982. 30p. (CIB Report. Publication, 64)

19. CREMONINI, R.A. Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre; recomendações para projeto, execução e manutenção. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 1988. Diss. maestr.
20. DAL MOLIN, D.C.C. Fissuras em estruturas de concreto armado; análise das manifestações típicas e levantamento dos casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 1988. Diss. maestr.
21. DIAS, P.H. & OLIVEIRA, P.S. Materiais e técnicas de reparo e reforço de estruturas de concreto. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1988. Seminário da disciplina Patologia e Terapia das Construções de Concreto do Curso de Pós-Graduação.
22. DUARTE, R.B. Correção de fissuras em alvenaria. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS, Porto Alegre, 22 e 23 set. 1988. v.1, p.87-98.
23. DUBOIS, J. Reparation d'elements en béton dans les bâtiments. CSTC Revue, (2):27-33, avr./juin. 1984.
24. FATTUHI, N.I. Two simple techniques for testing the performance of repair materials for concrete cracks. Magazine of Concrete Research, 35(124):170-4, Sept. 1983.
25. FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE LA PRÉCONTRAİNTE. Proposal for a standard for acceptance tests and verification of epóxi bonding agents for segmental construction. Wexham Springs, Cement and Concrete Association, 1978. 23p. (FIP/9/2)
26. FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. Patologia y terapeutica del hormigón armado. Madrid, Dossat, 1977. 390p.
27. \_\_\_\_\_. Las resinas epoxi en la construcción. 2.ed.ampl. Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1981. 334p.
28. FERREIRA, S.G. Recuperação de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, Jatocret Engenharia, s.d.

29. \_\_\_\_\_. A tecnologia de recuperação das estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro, Jatocret Engenharia, s.d. 12p.
30. FIGUEIREDO, E.J.P. Manutenção de estruturas de concreto; avaliação de produtos epóxi para injeção de fissuras. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS, Porto Alegre, 22 e 23 de set. 1988. v.1, p.65-86.
31. FLAUZINO, W.D. Durabilidade de materiais e componentes das edificações. Tecnologia das Edificações, 2:51-6, ago. 1985.
32. GARCÍA MESEGUER, A. La fisuración y sus causas. In: CURSO DE ESTUDIOS MAYORES DE LA CONSTRUCCIÓN - CEMCO 88, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1983. p.418-32.
33. \_\_\_\_\_. La patologia y el lenguaje; informes de patologia. Informes de la Construcción, 37(376):4-16, dic. 1985.
34. \_\_\_\_\_. Sintomas patológicos: tipologia de la fisuración. In: CURSO DE ESTUDIOS MAYORES DE LA CONSTRUCCIÓN - CEMCO 88, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1988.
35. GLASURIT DO BRASIL. Manual de Pintura Suvinil. 4.ed. São Paulo, 1988.
36. GONZALO, A.; GAGO, A.; PEREZ, F. Inyección de fissuras con formulaciones de resinas epoxídicas. In: CURSO DE ESTUDIOS MAYORES DE LA CONSTRUCCIÓN - CEMCO 88, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1988. p.3.1-3.33. (Seminário S.12: diagnosis, proteccion y reparación de obras de hormigón).
37. GUIMARÃES, K.D. Aspectos tecnológicos dos materiais para recuperação e reforço de estruturas de concreto. Niterói, Universidade Federal Fluminense, 1986. Diss. maestr.
38. HELENE, P.R.L. Alguns ensayos para evaluación y control de adhesivos epoxi para hormigón. Informes de la Cosntrucción, 32(328):47-60, mayo 1981.
39. \_\_\_\_\_. Curso de patologia das construções. Porto Alegre CPGEC/UFRGS, 1986. Notas de aula.

40. \_\_\_\_\_. Ensaio para controle de adesivos epóxi destinados a estruturas de concreto. Tecnologia das edificações, 5:29-36, ago.1988.
41. \_\_\_\_\_. Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. São Paulo, Pini, 1988.
42. \_\_\_\_\_. Patologia do Concreto. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1988. Roteiro da palestra proferida em 19/8/88.
43. ILIESCU, M. Patologia e terapêutica do concreto armado. Trabalho apresentado no 8º Encontro Nacional da Construção, Goiânia, 4-9 maio 1986. 27p.
44. IOSHIMOTO, A. Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. Tecnologia de Edificações, 2:109-12, ago. 1985.
45. ISAI, G.C. Deformações do concreto em estruturas correntes. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE TECNOLOGIA DO CONCRETO ESTRUTURAL, 2., São Paulo, Ibracon, junho 1984.
46. JOHN, V.M. Avaliação da durabilidade de materiais, componentes e edificações; emprego do índice de degradação. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 1987. Diss. maestr.
47. JOHNSON, S.M. Deterioro, conservación y reparación de estructuras. Madrid, Blume, 1973. 334p.
48. JOSIEL, A. Fissuras y grietas en morteros y hormigones: sus causas y remedios. 4.ed. Barcelona, Ed. Tecnicos Asociados, 1975. 174p.
49. KRIEGH, J.D. & NORDBY, G.M. Methods of evaluation of epoxy compounds used for bonding concrete. In: SYMPOSIUM ON EPOXIES WITH CONCRETE, New Orleans, Oct. 29, 1966. Papers ... Detroit, American Concrete Institute, 1968. p.107-18. (ACI Special Publication, 21)
50. LEE, H. & NEVILLE, K. Epoxy resins: their applications and technology. New York, McGraw-Hill, 1957. 305p.
51. LICHTENSTEIN, N.B. Patologia das Construções; procedimentos para formulação do diagnóstico de falhas e definição de

- conduta adequada à recuperação de edificações. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1985. Diss. maestr.
52. \_\_\_\_\_. Patologia das Construções. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1986. (Boletim Técnico, 6)
53. MILLS, R.L. Structural remedial work for listed buildings and ancient monuments. In: CONFERENCE ON REPAIR AND RENEWAL OF BUILDINGS, London, Nov. 17, 1982. Proceedings ... London, Thomas Telford, 1983 p.13.22.
54. NANNI, L.F. Programas computacionais para o processamento estatístico de dados. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 1983. 108p. (Caderno Técnico, 40)
55. NEVILLE, A.M. Propriedades do concreto. São Paulo, Pini 1982. 738p.
56. NORONHA, M.A.A. Diagnóstico dos males e terapia das estruturas. In: COLÓQUIO SOBRE PATOLOGIA DO CONCRETO E RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS, 2., São Paulo, Ibracon, 1978.
57. \_\_\_\_\_. Patologia das estruturas industriais construídas em concreto armado. In: COLÓQUIO SOBRE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO, São Paulo, Ibracon, 1986.
58. PEREZ, A.R. Manutenção de edifícios. Tecnologia de Edificações, 2:83-6, ago. 1985.
59. PIMENTEL, C.C.D. & NETO, A.A. Considerações sobre recuperação das estruturas e suas técnicas. In: COLÓQUIO SOBRE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO, São Paulo, Ibracon, 1986.
60. PIMENTEL, C.C.D. & TEIXEIRA, L. Injeções de resinas em estruturas de concreto. In: COLÓQUIO SOBRE PATOLOGIA DO CONCRETO E RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS, São Paulo, Ibracon, 1975.
61. PLENIK, J.M. et alii. Epoxi penetration. Concrete International, 8(2):46-50, Feb. 1986.
62. RESENDE, S.H. Tratamento de fissuras em galerias de concreto. Rio de Janeiro, Sika, s.d. (Boletim Sika)

63. REYGAERTS, J.; GASPER, M.; DUTORDIR, C. 1200 problèmes; erreurs de conception; défauts de construction; dégâts. CSTC Revue, (3):2-6, Sept. 1976.
64. REYGAERTS, J. et alii. Comment éviter les dégâts. CSTC Revue, (3):3-10, Sept. 1978.
65. ROONEY, H.A. Epoxies in concrete constuction and maintenande. In: SYMPOSIUM ON EPOXIES WITH CONCRETE, New Orleans, Oct. 29, 1966. Papers ... Detroit, American Concrete Institute, 1968. p.5.8. (ACI. Special Publication, 21)
66. SCALES, G.M. Epoxy resins. In: SYMPOSIUM ON EPOXIES WHITH CONCRETE, New Orleans, Oct. 29, 1966. Papers ... Detroit, American Concrete Institute, 1968. p.1-4. (ACI. Special Publication, 21).
67. SCHUTZ, R.J. Epoxy resin adhesives for bonding concrete to concrete. In: SYMPOSIUM ON EPOXIES WITH CONCRETE, New Orleans, Oct. 29, 1966. Papers ... Detroit, American Concrete Institute, 1968. p.19-28. (ACI. Special Publication, 21).
68. SIKA S.A. Hormigón: sanear - reparar - proteger. MMadrid, s.d. 80p.
69. .... Produtos Químicos para Construção. Mastiques. Rio de Janeiro, 1986. 24p.
70. .... Recuperação estrural do Estádio Mário Filho (Maracanã). Rio de Janeiro, s.d.
71. .... Reparo e manutenção de construção. Rio de Janeiro, s.d. (Boletim Sika)
72. TEXSA. División Polímeros Líquidos. Patologia del hormigón debido a la oxidación de la armadura: reparación y prevención com polímeros líquidos. Barcelona, 1986.
73. THOMAZ, E. Trincas em edificações: causas e mecanismos de formação. 2.ed. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1968. 35p. (IPT. Monografias, 11)

74. \_\_\_\_\_. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1985, Diss. maestr.

ANEXO I

ALGUMAS NORMAS E RECOMENDAÇÕES  
RELATIVAS A ENSAIOS EM PRODUTOS  
DE RECUPERAÇÃO

## FORMULAÇÕES EPOXI

### American Concrete Institute (A.C.I.)

- ACI 503R-80 - Use of Epoxy Compound with Concrete.
- ACI 503.1-79 - Standard Specification for Bonding Hardened Concrete, Steel, Wood, Brick, and Other Materials to Hardened Concrete with Multi-Component Epoxy.
- ACI 503.2-79 - Standard Specification for Bonding Plastic Concrete to Hardened Concrete with a Multi-Component Epoxy Adhesive.
- ACI 503.3-79 - Standard Specification for Producing a Skid Resistant Surface on Concrete by the Use of a Multi-Component Epoxy System.
- ACI 503.4-79 - Standard Specification for Repairing Concrete with Epoxy Mortars.

### American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.)

- ASTM C 881-78 - Epoxy Resins-Base Bonding Systems for Concrete.
- ASTM D 570-77 - Water Absorption of Plastics.
- ASTM C 882-78 - Bond Strength of Epoxy-Resin Systems Used with Concrete.
- ASTM G 26-70 - Operating Light and Water Exposure Apparatus (Xenon-Arc Type) for Exposure of Nonmetallic Materials.
- ASTM B 117-73 - Salt Spray (Fog) Testing.
- ASTM D 648-72 - Deflection Temperature of Plastics Under Flexural Load.
- ASTM C 833-78 - Effective Shrinkage of Epoxy Resin Systems Used with Concrete.
- ASTM D 896-72 - Resistance of Adhesive Bonds to Chemical Reagents.

- ASTM C 884 - Thermal Compatibility Between Concrete and An Epoxy - Resin Overlay.
- ASTM D 1151-72 - Effect of Moisture and Temperature on Adhesive Bonds.
- ASTM D 3166-73 - Fatigue Properties of Adhesive in Shear by Tension Loading.
- ASTM D 1652-73 - Epoxy Content of Epoxy Resins.
- ASTM D 482-79 - Ash from Petroleum Products.
- ASTM D 1259-74 - Nonvolatile Content of Resins Solutions.
- ASTM D 297-79 - Rubber Products - Chemical Analysis.
- ASTM D 1475-74 - Density of Paint, Varnish, Lacquer and Related Products.
- ASTM 1544-68 - Color of Transparent Liquids (Gardner Color Scale).
- ASTM 2073-76 - Total, Primary, Secondary and Tertiary Amine Values of Fatty Amines, Amidoamines and Diamines by Referee Potentiometric Method.
- ASTM D 695-77 - Compressive Properties of Rigid Plastics.
- ASTM D 638-77 - Tensile Properties of Plastics.
- ASTM D 790-78 - Flexural Properties of Plastics and Electrical Insulating Materials.
- ASTM D 1002-78 - Strength Properties of Adhesives in Shear by Tension Loading.
- ASTM D 1725-62 - Viscosity of Resin Solutions.

#### Association Française de Normalisation

- AFNOR NF T 51-165 - Matériaux Plastiques - Méthode & Exposition Directe aux Agents Atmosphériques.

British Standards Institution (B.S.I)

- BSI 3534 - Epoxide Resin Systems for Glass Fibre Reinforced Plastics.  
534.Part 1: 1962. Wet Lay-up Systems.  
3534.part 2: Pre-impregnating Systems.
- BSI 4045 : 1966 - Epoxide Resin Pre-impregnated Glass Fibre Fabrics.
- BSI CP 3003 - Part 5 : 1966 - Epoxide Resins.

Instituto Español de Normalización (U.N.E.)

- U.N.E. 53 - Materiales Plásticos.
- U.N.E. 53 - 325-76 - Determinación del Equivalente Epoxídico en Resinas Epoxídicas.

MORTEROS MODIFICADOS COM POLÍMEROS

American Concrete Institute (A.C.I.)

- ACI Committee 548-1977 - Polymer in Concrete.

Japanese Industrial Standards (J.I.S)

- JIS A 6203 - Polymer Dispersions for Cement Modifier.
- JIS A 1171 - Method of Mailing Test Sample of Polymer Modified Mortar in the Laboratory.
- JIS A 1172 - Method of Test For Stength of Polymer - Modified Mortar.
- JIS A 1173 - Method of Test for Slump of Polymer - Modified Mortar.

- JIS A 1174 - Method of Test for Unit Weight and Air Content (gravimetric) of Fresh Polymer-modified Mortar.

## HORMIGON DE RESINA DE POLIESTER

### Japanese Industrial Standards (J.I.S.)

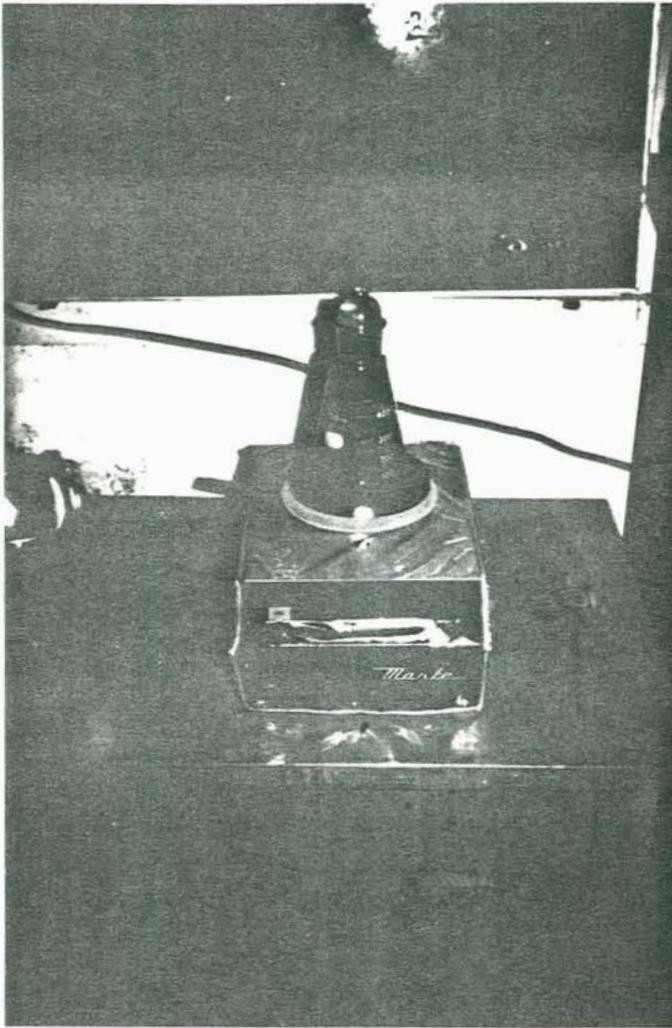
- JIS A 1181 - Method of Making Polyester Resin Concrete Specimens.
- JIS A 1182 - Method of Test for Compressive Strength of Polyester Resin Concrete.
- JIS A 1183 - Method of Test for Compressive Strength of Polyester Resin Concrete Using Portions of Beams Broben in Flexure.
- JIS A 1184 - Method of Test for Flexural Strength of Polyester Resin Concrete.
- JIS A 1185 - Method of Test for splitting Tensile Strength of Polyester Resin Concrete.
- JIS A 1186 - Measuring Methods for Working Life of Polyester Resin Concrete.

### Federation Internationale de la Précontrainte

- FIP/9/2, March 1978 - Proposal for a Standard for Acceptance Tests and Verification of Epoxy Bonding Agents for Segmental Construction.

ANEXO I I

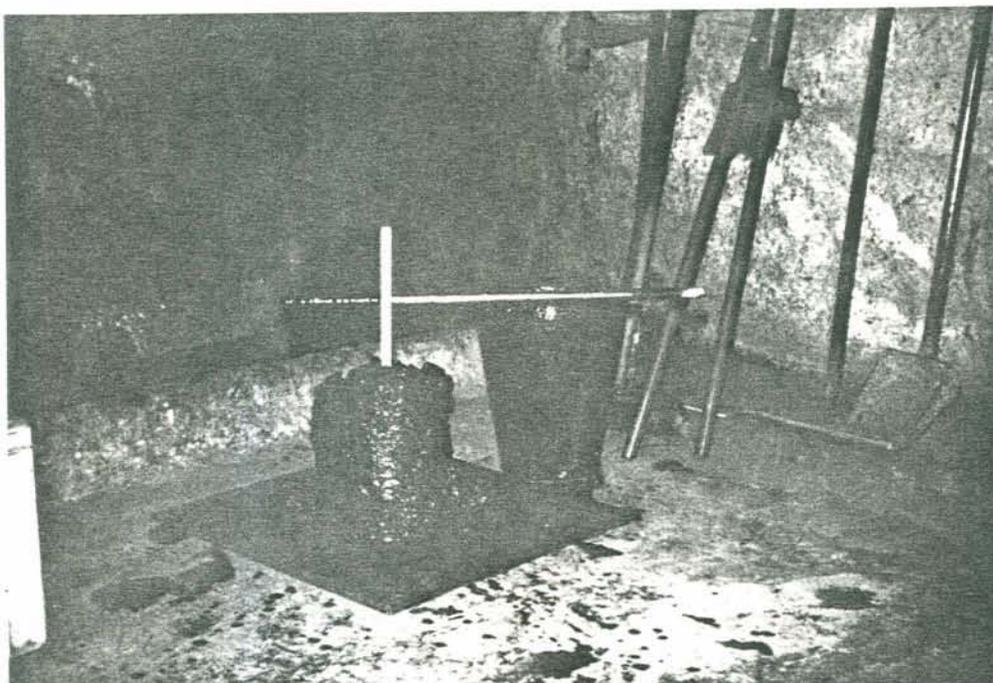
FOTOGRAFIAS DAS PRINCIPAIS  
ETAPAS DA PARTE EXPERIMENTAL DA  
DISSERTAÇÃO



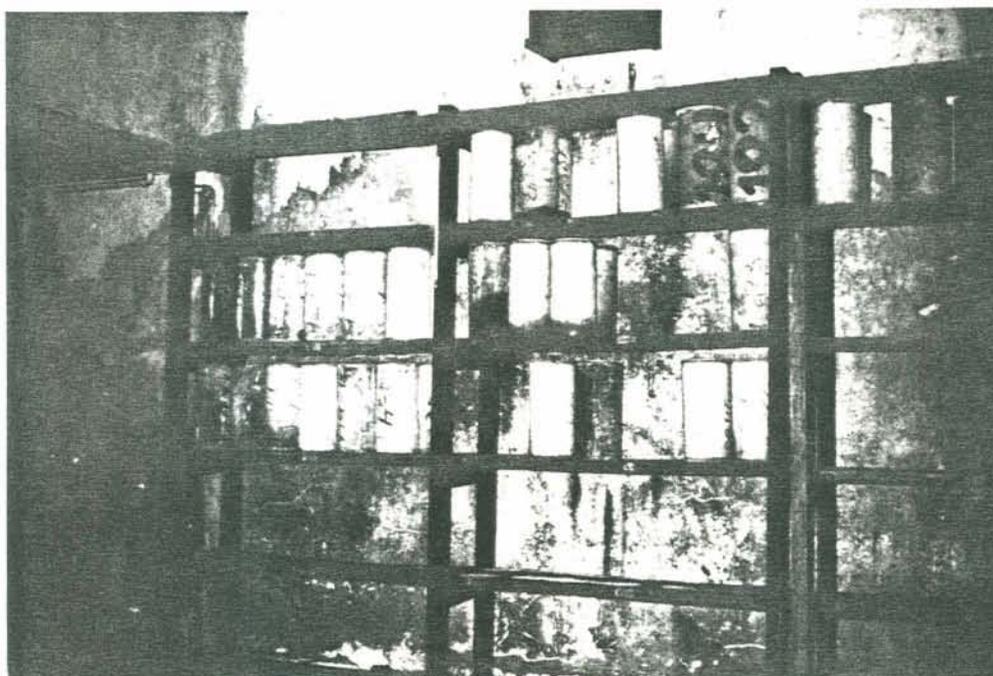
Fotografia 1 - Todos os materiais foram caracterizados antes de serem misturados para a confecção do concreto. A fotografia mostra o ensaio de determinação da massa específica de agregados.



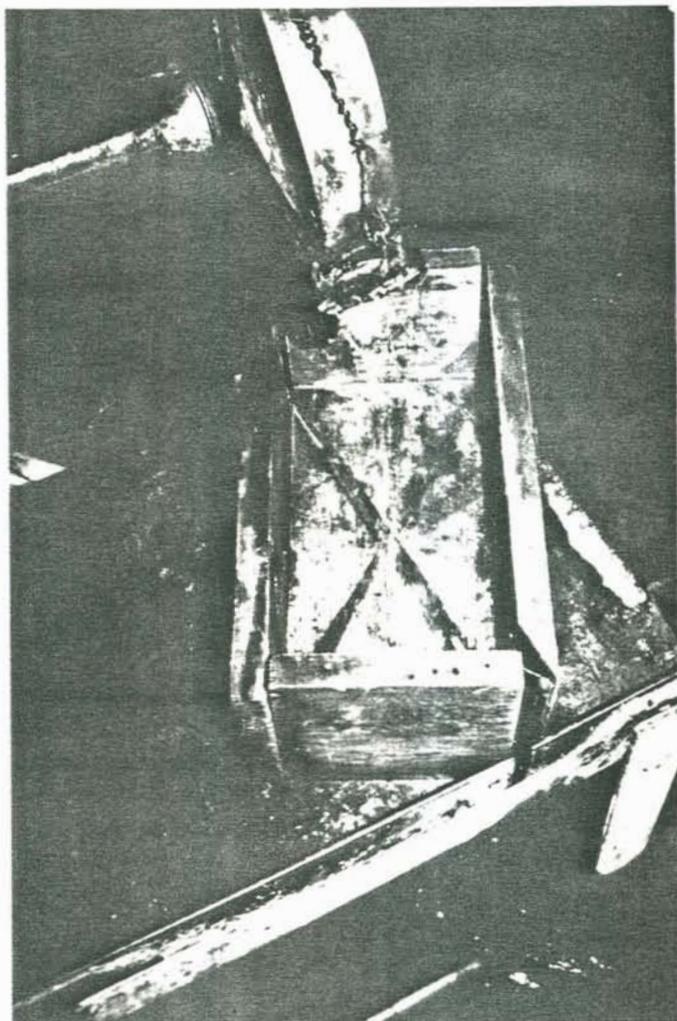
Fotografia 2 - Mistura do cimento, areia, brita e água e betoneira de eixo vertical



Fotografia 3 - Ensaio de abatimento em concreto fresco



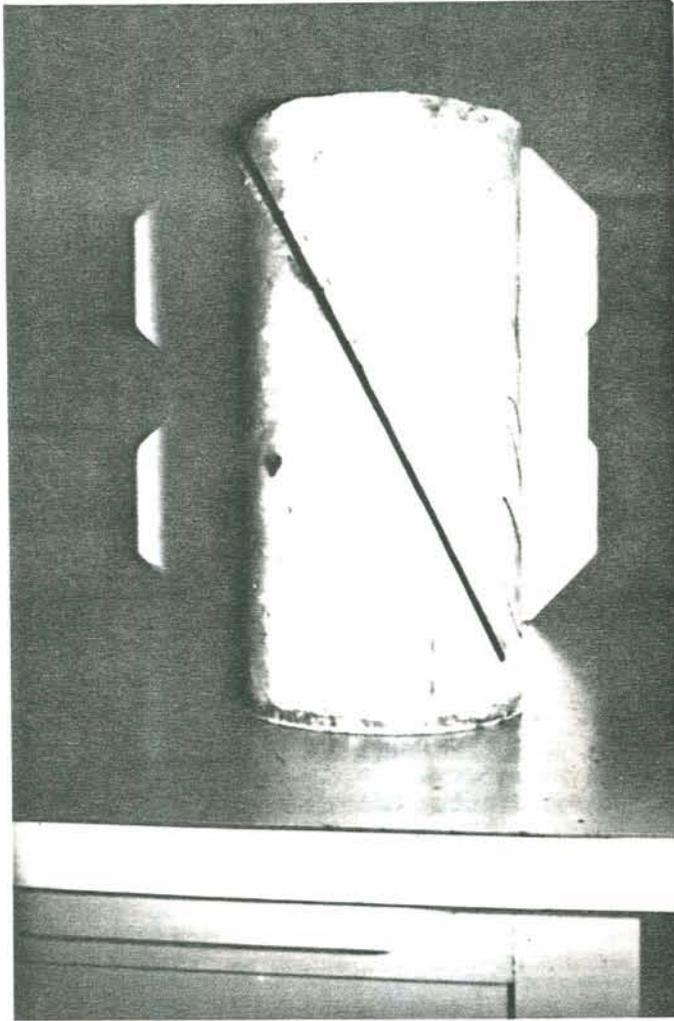
Fotografia 4 - Cura dos corpos de prova em câmara úmida



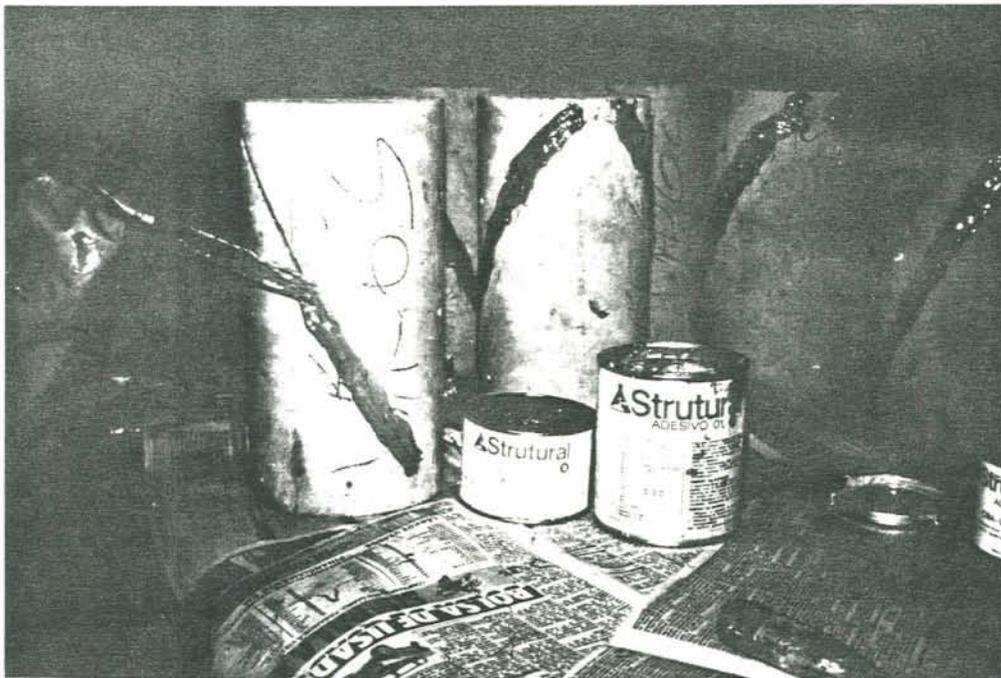
Fotografia 5 - Forma utilizada para facilitar a uniformidade do corte dos cilindros de concreto.

Fotografia 6 - Corte de corpo de prova com disco diamantado

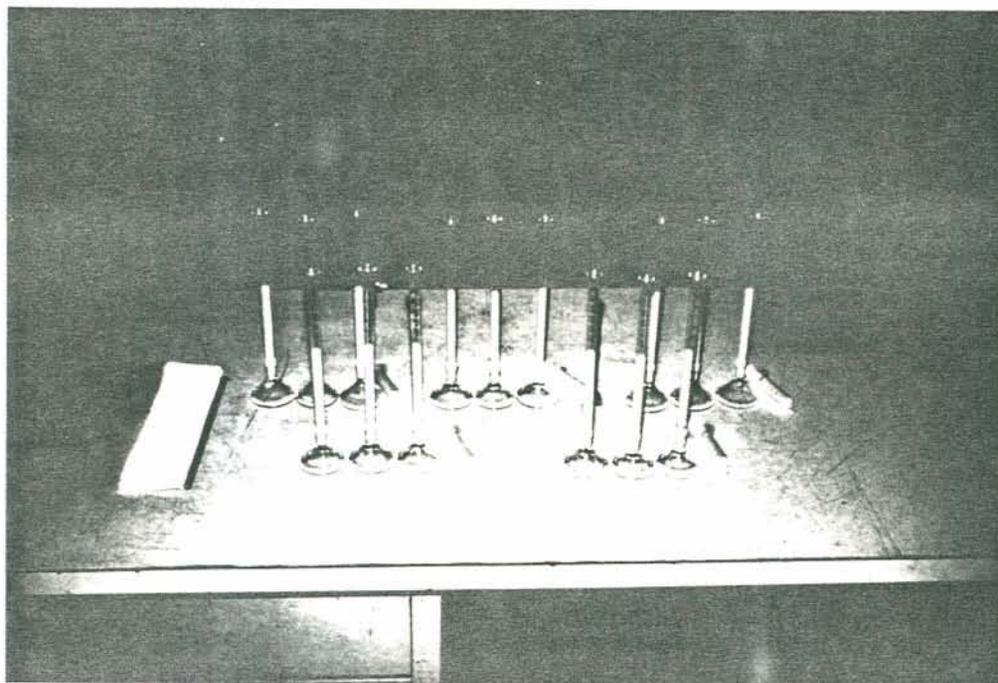




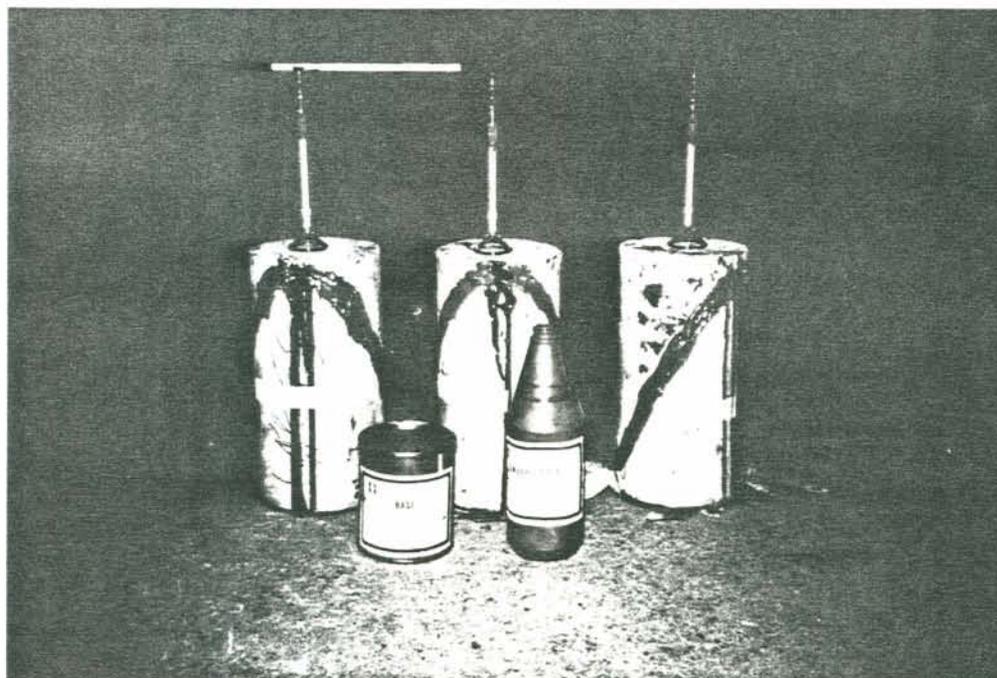
Fotografia 7 - Vista do cilindro cortado



Fotografia 8 - Fechamento superficial do corte com adesivo tixotrópico de base epóxi



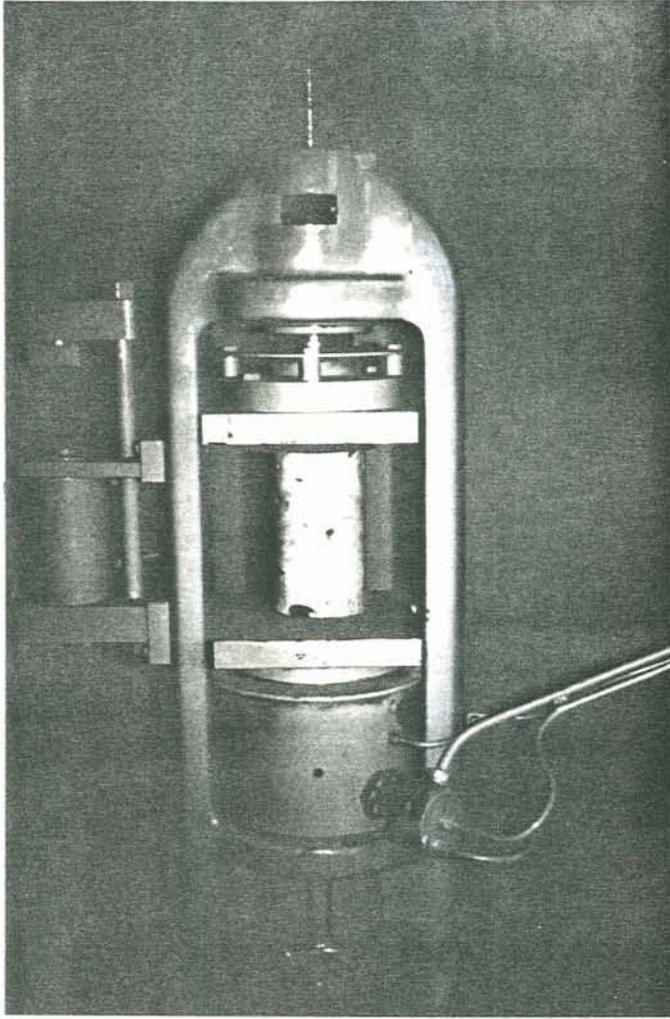
Fotografia 9 - Provetas utilizadas no ensaio de penetrabilidade. Pode-se observar, ao lado das provetas, as seringas para colocar o sistema epóxi dentro da proveta e as fichas onde foram anotadas as profundidades de penetração ao longo do tempo



Fotografia 10 - Conjunto de cilindros já preenchidos com uma marca de sistema epóxi e as provetas igualmente preenchidas com 3cm do mesmo sistema.



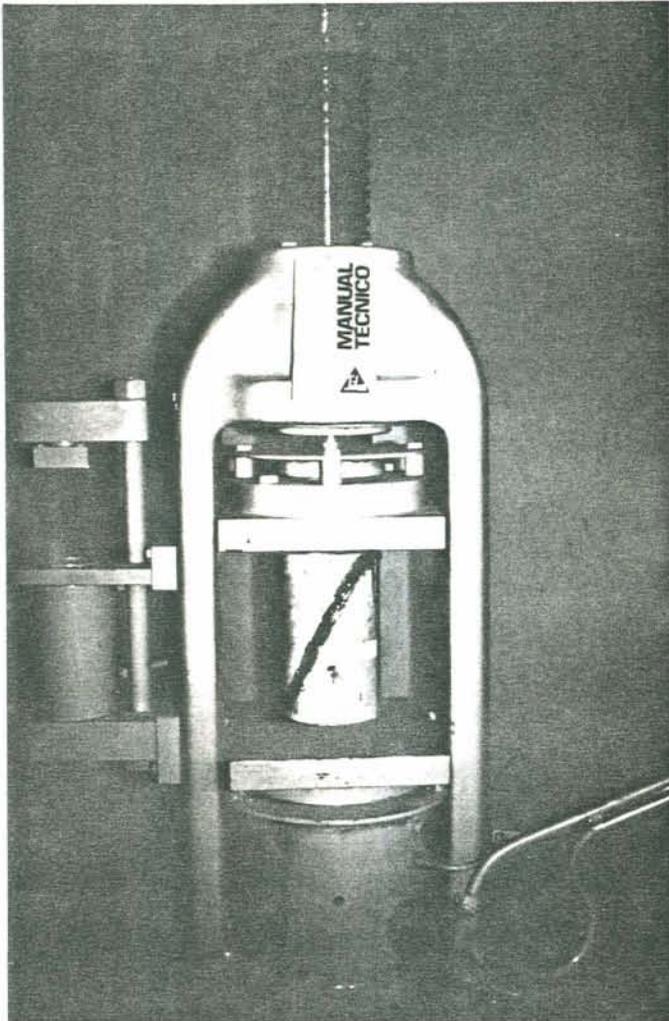
Fotografia 11 - Corpos de prova capiados com enxofre, prontos para serem rompidos após 28 dias de cura.



Fotografia 12 - Corpo de prova íntegro pronto para receber carga.

Fotografia 13 - Forma de ruptura típica dos corpos de provas íntegros





Fotografia 14 - Corpo de prova corrigido pronto para receber carga.



Fotografia 15 - Forma de ruptura de uma marca de sistema epóxi. Observa-se que a forma de ruptura se aproximou da verificada nos cilindros íntegros.



Fotografia 16 - Forma de ruptura de outra marca de sistema epóxi. Observa-se que a ruptura se deu por deslizamento das duas metades do cilindro, ou seja, na interface entre o concreto e o sistema epóxi.

ANEXO III

PRODUTOS UTILIZADOS EM  
RECUPERAÇÃO E REPAROS DE  
ESTRUTURAS DE CONCRETO

DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	CUIDADOS NO EMPREGO E MANUSEIO	USOS MAIS RECOMENDADOS	LIMITAÇÕES DE USO	SETOR INDUSTRIAL
Argamassa base mineral (cimento)	-tixotrópico -alta resistência mecânica -alta resistência química -não apresenta retração -baixa permeabilidade	-superfície limpa e úmida antes da aplicação -superfície isenta de óleo, graxa, etc	-reparos de concreto -reparos de arestas -argamassa para blocos -argamassa para alvenaria -revestimentos superficiais	-reemulsiona em presença de água constante -necessidade de cura, principalmente quando aplicado em áreas expostas a sol, vento, etc -reparos com qualquer dimensão e com espessuras de 05 a 25 mm	-hidrelétrica -cias. de saneamento -todos os setores onde se faça necessário este tipo de recuperação
Argamassa base mineral (cimento)	-auto-nivelante -alta resistência mecânica -alta resistência química -não apresenta retração -resistente a abrasão	-superfície limpa e úmida antes da aplicação -superfície isenta de óleo, graxa, etc(em geral)	-reparos em rodovias -reparos em superfícies horizontais em geral	-reemulsiona -necessidade de cura	-cias. energéticas -cias. de saneamento -todos os setores onde se faça necessário este tipo de recuperação
Argamassa base epoxi	-tixotrópica -alta resistência mecânica -alta resistência a abrasão -resistência química -impermeabilidade -não apresenta retração -endurecimento rápido -baixa permeabilidade	-superfície limpa -superfície isenta de óleo, graxa, etc -superfície regularizada e seca antes da aplicação	-reparos de superfícies de concreto -reparos de arestas de estruturas -reparos em pisos industriais -reparos rápidos -reparos em elementos sujeitos ao ataque químico	-não resistente a intemperie -não resistente a oxidantes -resistência química limitada a baixa concentração e temperatura moderada -reparos com qualquer dimensão e com espessuras de 05 a 15 mm	-indústria química -cias. energéticas (salas de baterias) -petroquímica -mineração -papel e celulose -metalúrgica (decapagem, galvanoplastia, eletrolise) -têxtil (tinturarias) -indústria mecânica -tratamento de efluentes
Argamassa base epoxi	-auto-nivelante -alta resistência a abrasão -alta resistência mecânica -resistência química -impermeabilidade	-superfície limpa -superfície seca	-revestimento de pisos de alta resistência	-não resistente a intemperie -não resistente a oxidantes -resistência química limitada a baixa concentração e temperatura moderada	-indústria mecânica -indústria eletrônica -indústria de precisão -cias. energéticas -indústria naval -clubes e quadras esportivas

DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	CUIDADOS NO EMPREGO E MANUSEIO	USOS MAIS RECOMENDADOS	LIMITAÇÕES DE USO	SETOR INDUSTRIAL
Argamassa seca base mineral (cimento)	-tixotrópica -não apresenta retração -resistente a altas temperaturas	-substrato saturado ou seco com adesivo base epoxi	-assentamento de calços permanentes ou temporários -nivelamento de chapas de base de máquinas -nivelamento de trilhos -preenchimento de cavidades localizadas	-espessura mínima de 5 mm -preenchimento de vazios de até 60 mm de espessura -com adição de agregados graúdos, preenche vazios profundos -com qualquer dimensão, desde que uma delas não supere 40 cm	-pisos em indústrias de papel e celulose -montadoras de automóveis -metalúrgicas
Argamassa base mineral com agregados de alta resistência	-alta resistência mecânica -alta resistência a abrasão -não retrátil -baixa permeabilidade	-substrato saturado com adesivo base SBR ou seco com adesivo base epoxi	-reparos em pisos -reparos superficiais em elementos estruturais	-espessura mínima de 10 mm -espessura máxima de 30 mm	-galvanoplastia -pisos em indústrias de papel e celulose -montadoras de automóveis
Argamassa base poliéster	-alta resistência mecânica -alta resistência química -alta resistência a abrasão -alta resistência contra óleos	-superfícies secas e limpas	-reparos rápidos -reparos em concreto pré-moldado -junta de concreto e alvenaria -revestimentos anti-corrosivos	-não resiste a álcalis fortes -não resiste a temperaturas elevadas (acima de 100 gr) -locais unidos antes da aplicação -elevada retração	-indústria química -indústria petroquímica -galvanoplastia -pisos em indústrias de papel e celulose
Argamassa base resina furânica	-alta resistência térmica -alta resistência química -alta resistência mecânica -alta retração -rigidez -aderência regular	-requer base ácida ou neutra, limpa e seca -evitar grandes acúmulos de massa ou grandes extensões expostas	-rejunta de revestimentos cerâmicos	-não resiste a locais expostos ao sol -não resiste a oxidantes	-indústrias químicas -indústrias de fertilizantes -indústria petroquímica -galvanoplastia -siderúrgicas
Adesivo base epoxi	-tixotrópico -alta resistência mecânica -grande aderência sobre diversos substratos -estabilidade térmica	-superfície limpa -isenção de óleo, graxa, poeira -superfície seca	-junta de concreto novo/velho -reparos de arestas -reparo de pisos industriais -reparo de pavimentos -groutamento de equipamentos e chumbadores -restabelecimento de monolitismo	-não pode ser aplicado em superfícies unidas -não pode ser aplicado em locais onde a temperatura supere 70 C	-indústria química -papel e celulose -indústria alimentícia -metalúrgicas -indústria têxtil -montadoras de automóveis -mineração -siderúrgicas -ciências, energéticas -ciências, de saneamento -ciências, docas

DESIGNACAO	CARACTERISTICAS PRINCIPAIS	CUIDADOS NO EMPREGO E MANUSEIO	USOS MAIS RECOMENDADOS	LIMITACOES DE USO	SETOR INDUSTRIAL
Adesivo base epoxi para injecao	-baixa viscosidade -alta resistencia quimica -alta resistencia mecanica	-superficie seca e limpa -misturar pequenos volumes de cada vez -preenchimento de volumes pequenos e confinados	-reparos de trincas -reparos de fissuras estruturais		-industria de papel e celulose -cias. docas -cias. de saneamento -pavimentacao
Adesivo base PVA	-grande aderencia sobre diversos substratos -elasticidade -resistencia ao impacto	-superficies limpas -superficie isenta de oleo, graxa, poeira -superficie unida antes da aplicacao	-argamassa de regularizacao -reparo de concreto aparente -reparo de alvenaria -reparo de argamassas de revestimento	-reemulsiona em contato permanente com agua	-industria quimica -papel e celulose -industria alimenticia -metalurgicas -siderurgicas -industria textil -montadoras de automoveis -mineracao -industria electronica -cias. de saneamento
Adesivo base SBR	-grande aderencia sobre diversos substratos -elasticidade -nao e inflamavel -altas resistencias mecanicas	-superficies unidas antes da aplicacao -superficies limpas -superficie isenta de particulas soltas, argamassa velha, tinta, poeira	-pode ser usado em locais que tenham contacto permanente com agua -reparo de pisos de concreto -reparos superficiais -aditivo para modificacao de argamassa a base de cimento	-reparos com qualquer dimensao (com espessuras de 05 a 25 mm)	-papel e celulose -industria alimenticia -siderurgicas -industria textil -industria electronica
Grout base mineral isos	-alta coesao para trabalhos submersos -isento de retracao -reten a pasta de cimento -altas resistencias mecanicas	-superficie unida	-aplicacoes subaquaticas -zonas de mare -pilares de cais -concreto de barragem	-reparos submersos com qualquer dimensao, com espessuras de 10 a 60 mm	-cias. docas
Grout base mineral	-auto-nivelante -isento de retracao -isento de cloretos -isento de componentes metalicos -alta fluidez	-superficie limpa, sem incrustacoes -superficies unidas antes da aplicacao	-suporte de maquinas pesadas -ancoragem de chumbadores -reforco de fundacoes -reparo de vigas de ponte	-reparos com qualquer dimensao, (com espessuras de 10 a 60 mm)	-aluminio -industria petroquimica -industria quimica -metalurgicas -siderurgicas -montadoras de automoveis -papel e celulose -industria alimenticia -mineracao -cias. docas

DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	CUIDADOS NO EMPREGO E MANUSEIO	USOS MAIS RECOMENDADOS	LIMITAÇÕES DE USO	SETOR INDUSTRIAL
Grout adesivo base epoxi	- auto-nivelante - baixa viscosidade - alta resistência mecânica - alta resistência química - isento de retração	- superfícies limpas e secas	- ancoragem de vergalhões - fixação de equipamentos - base de máquinas - enchimentos - reforços - reparos rápidos - reparos em elementos sujeitos ao ataque químico	- ventilação adequada em áreas fechadas - injeção de fissuras com aberturas de 0,3 a 3,0 mm - preenchimento de vaos de 3 a 40 mm	- indústria naval - siderúrgicas - alumínio - indústria química - papel e celulose
Selante base polissulfeto	- auto-nivelante - alta resistência química - resistente às intempéries	- juntas limpas e secas - ausência de graxa, óleo, ferrugem, etc - uso de primer em superfícies porosas	- calafetação de juntas sujeitas a grandes solicitações e desgastes - juntas de pisos industriais - juntas de pisos sujeitos a ataques químicos	- cura ruim em superfícies úmidas e em baixas temperaturas - baixa resistência a penetração - odor desagradável - deformação admissível 20%	- alumínio - indústria química - papel e celulose - indústria petroquímica - mineração - cias. de saneamento
Selante base poliuretano	- resistente à umidade - resistente ao vapor d'água - aderência ao concreto - alta resistência à abrasão - alta resistência química - tixotrópico	- superfície limpa antes da aplicação - ausência de óleo, graxa, etc - superfície seca antes da aplicação - uso de primer em superfícies porosas	- trabalhos de rejuntamento em geral	- alta resistência coesiva, que pode provocar falhas de adesão (muito sensível) à absorção de umidade - impossibilidade de se aplicar em juntas úmidas - deformação admissível 20%	- papel e celulose - indústria eletrônica - metalúrgicas - siderúrgicas - indústria petroquímica - cias. de saneamento - indústria automobilística
Selante base epoxi	- auto-nivelante - alta resistência química - alta resistência aos óleos - alta resistência à compressão - propriedades adesivas	- juntas limpas e secas	- juntas de pisos industriais (inclusive na indústria alimentícia)	- não pode ser aplicado em superfícies úmidas - não pode ser aplicado em locais onde a temperatura supere 40 °C	- papel e celulose - indústria automobilística - indústria eletrônica
Selante base silicone	- resistente às intempéries - boa resistência química - boa resistência à temperatura	- juntas limpas e secas	- vedação de caixilhos e esquadrias - calafetação em geral	- deformação admissível 20%	- alumínio - indústria química - papel e celulose
Selante base acrílica	- resistência às intempéries - boa aderência a diversos substratos	- juntas limpas e secas	- calafetação de juntas em concreto, mármore, vidro, madeira - rebates em caixilharia, boxes - trincas em alvenaria	- suporta movimentos máximos de até 10% - deve ser protegido da chuva antes da cura inicial	- indústria eletrônica - metalúrgica - mineração - cias. docas

DESIGNAÇÃO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	CUIDADOS NO EMPREGO E MANUSEIO	USOS MAIS RECOMENDADOS	LIMITAÇÕES DE USO	SETOR INDUSTRIAL
Selante base de poliuretano e alcatrao/ polimero	-elasticidade permanente -alta aderencia -boa estabilidade	-superficie seca -superficie isenta de poeira, nata de cimento, graxa	-juntas de aeroportos -pisos de industria mecanica e au- tomobilistica -juntas de protecao de tanques de inflamaveis	-deformacao admissivel 20%	-tuneis -galerias de tratamento de esgotos
Selante base de betume/ polimero	-excelente plasticidade -alta aderencia -boa estabilidade	-superficies secas e limpas -proteger as bordas das juntas com fi- ta crepada	-juntas entre piso e parede -juntas entre pre-moldados estruturas	-deformacao admissivel 5%	-construcao portuaria -oficinas de lanternagem
Selante base alcatrao/ polimero	-reduzida taxa de trabalho	-aplicavel a quente -juntas secas e limpas -superficie final ligeiramente abaula- da	-enchimento de juntas em patios -juntas de cobertura	-deformacao admissivel 10%	-estadios esportivos

ANEXO IV

NOME DE PRODUTOS ENCONTRADOS NO  
MERCADO NACIONAL PARA RECUPERAR  
E RESTAURAR ESTRUTURAS DE  
CONCRETO

DESIGNACAO	ANCOBRAS	CIBA GETGY	FGSECO	HOESCHT	OTTO BAUMGART	SIKA S. A.	WOLF HACKER	DENVER
Argamassa base mineral (cimento)			RENDEROC S		OBE 202 OBE 203	SIKATOP 122 SIKATOP 121		
Argamassa base mineral (cimento)					OBE 201	SIKATOP 111		
Argamassa base epoxi	KERAPLAN-EP KERACID-ES KERACID-E KERANOL-E KERANOL-ES	101 A/B/C 102 A/B/C	NITOMORTAR S NITOPISO TF 5000	ASPLIT E e derivados	COMPOUND S			
Argamassa base epoxi	KERAPLAN-EG	103 A/B/C				SIKAFLOOR 92 SIKADUR 43		
Argamassa seca base mineral (cimento)			SHIM SET					
Argamassa base mineral com agregados de alta resistencia			NITOPISO AR					
Argamassa base poliester	KERAPLAN-UP KERANOL-UP		NITOMORTAR PE	RESINAS ASPLIT CIMENTO SINTETICO (ON)				
Argamassa base resina furanica	KERANOL-FU		NITOMORTAR FU	ASPLIT FN e derivados				
Adesivo base epoxi		01 A/B 02 A/B 03 A/B 04 A/B	NITOBOND-EP NITOBOND-EP D NITOBOND-EP PL		COMPOUND ADESIVO COMPOUND ADESIVO MF	SIKADUR 32 SIKADUR 31 SIKADUR 32 LP	DUROPOXI MR DUROPOXI AU-100	
Adesivo base epoxi para injecao	STRUTURAL INJECAO		CONBEXTRA EP-LV CONBEXTRA EP-109		COMPOUND INJECAO	SIKADUR 52	DUROPOXI AU-30 DUROPOXI AU-50	
Adesivo base PVA			NITOBOND PVA	MOWILIT	BIANCO	SIKA-FIX	AZULIT C	

DESIGNACAO	ANCOBRAS	CIBA GETGY	FOSECO	HOESCHT	OTTO BAUMGART	SIKA S. A.	WOLF HACKER	DENVER
Adesivo base SBR (estireno)			NITOBOND SBR					
Grout adesivo base mineral			CONBEXTRA UW					
Grout adesivo base mineral			CONBEXTRA GF CONBEXTRA AL FDSGROUT		V1-GROUT V2-GROUT	SIKA GROUT KEMOX K	ANCORA H1 ANCORA H2	
Grout adesivo base epoxi		104 A/B/C 105 A/B/C	CONBEXTRA EP-L CONBEXTRA EP-S CONBEXTRA EP-9104		COMPOUND HARD FILL			
Selante base polissulfeto		STRUTURAL P			COMPOUND JUNTA	SIKALASTIC	DUROLASTIC THICOL	DENVERFLEX
Selante base poliuretano					VEDAFLEX	SIKAFLEX-1A SIKAFLEX-15LM SIKAFLEX-11FC	DUROLASTIC POLIURETANO	
Selante base epoxi		ISEALING 304 ND					DUROPOXI NR	
Selante base silicone		STRUTURAL S			SILIFLEX	SIKA-SIL	DUROLASTIC SILICONE	
Selante base acrilica					VEDACRIL	SIKA ACRIFLEX		DENVERPLAST
Selante base poliuretano e alcatrao						SIKAFLEX T68 SIKAFLEX T68-NS		
Selante base de betume/ polimero					VEDAGUM ISOLIT	IGAS 3 IGAS 3 PISTOLA		
Selante base alcatrao/ polimero						IGAS K		

ANEXO V

INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE OS  
PRODUTOS UTILIZADOS NA PARTE  
EXPERIMENTAL DA DISSERTAÇÃO

**COMPOUND**  
INJEÇÃO

Adesivo para trincas e fissuras estruturais.

**CARACTERÍSTICAS** Líquido - base resina epoxy - livre de solventes ou fillers.

Densidade: 1,08 g/cm<sup>3</sup>.

**PROPRIEDADES** COMPOUND INJEÇÃO apresenta excelente resistência química e mecânica e devido sua baixa viscosidade (de 1000 a 2000 CPS) penetra nas fissuras, melhorando as qualidades mecânicas do concreto.

**DADOS TÉCNICOS**

Tempo de uso da mistura . . . . . 3 horas a 25°C

Tempo de endurecimento . . . . . 24 horas.

Tempo de endurecimento final . . . . 7 dias.

**CAMPOS DE APLICAÇÃO**

COMPOUND INJEÇÃO é especialmente recomendado para o preenchimento de fissuras nos concretos de pontes - lajes - galerias - viadutos.

**MODO DE USAR**

**PREPAROS**

A fissura deverá ser aberta em forma de V, removendo-se todo o material solto com ar comprimido.

Em fissuras horizontais, introduzir o COMPOUND INJEÇÃO até o seu completo preenchimento.

Em fissuras verticais, ao longo de sua extensão, deverão ser abertos furos de 5/16" ou 3/8" com intervalos de 30 a 90 cm.

Tubos de plástico serão fixados nos furos, com COMPOUND ADESIVO.

**APLICAÇÃO**

Misturar intimamente os dois componentes e sobre a superfície completamente seca, o COMPOUND INJEÇÃO será introduzido nos orifícios através de um injetor pneumático ou agulha de injeção, tomando-se como ponto de partida o ponto mais baixo da fissura.

Manter as embalagens fechadas, limpar as ferramentas imediatamente após o uso com Solvente Epoxy.

**EMBALAGEM**

2 latas perfazendo 1 quilo.



O uso de resinas Epóxi ARALDITE® de baixa viscosidade no tratamento de trincas e fissuras do concreto (causadas por retração, subdimensionamento, sobrecarga, etc), torna monolítica a peça tratada. Este tratamento impede a infiltração de umidade e agentes corrosivos até a armadura e cabos de protensão.

Os sistemas STRUTURAL INJEÇÃO de dois componentes (A e B) permitem uma perfeita ligação estrutural na trinca ou fissura, tendo em vista que as resistências nominais do material injetado (vide características) são superiores às resistências do concreto.

Antes da injeção, deve-se examinar as causas que provocaram as trincas e fissuras, pois a utilização do STRUTURAL INJEÇÃO sempre envolve soluções de ligação estrutural. A transformação de trincas em juntas de dilatação implica na utilização de outros materiais de natureza elástica, como por exemplo STRUTURAL S ou STRUTURAL P (vide folhetos técnicos).

#### PREPARO DAS FISSURAS

1. Executar furos com furadeira elétrica ou pneumática ao longo de toda sua extensão, utilizando brocas de vidia ( $\varnothing 3/8"$ ). A distância entre os furos varia de 5 a 20 cm dependendo da abertura da fissura (quanto menor mais próximos deverão ser os furos).  
A profundidade dos furos deverá ser de aproximadamente 30 mm, devendo ser removido o pó durante o trabalho, de preferência com ar comprimido.  
Quando houver acesso à fissura de ambos os lados, os furos deverão ser executados em ambas as faces e em posições intercaladas.
2. Os niples de injeção, preferencialmente de cobre, alumínio ou ferro (tubo de 1/4"), deverão ter um comprimento de cerca de 60 mm, e ser fixos nos furos com: STRUTURAL ADESIVO 01.
3. Após a colocação dos niples, toda a extensão visível da fissura deverá ser vedada mediante o uso de: STRUTURAL ADESIVO 01.

#### INJEÇÃO:

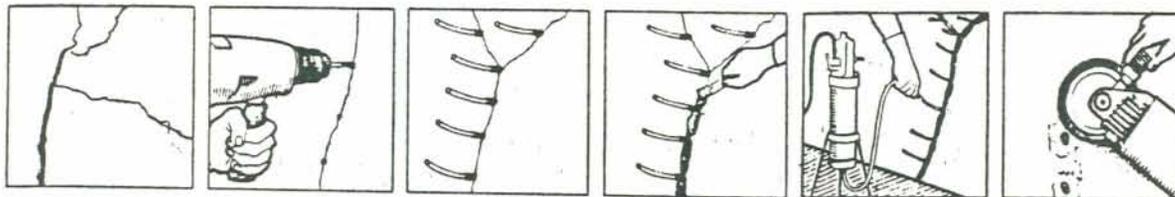
Após o endurecimento do STRUTURAL ADESIVO 01, utilizado para a fixação dos niples e vedação da trinca, o sistema STRUTURAL INJEÇÃO é aplicado sob pressão através de um injetor adequado (consulte nosso Departamento Técnico).

A pressão de injeção varia de 1 a 3 kg/cm<sup>2</sup>, dependendo da viscosidade do material e da abertura da trinca.

Antes da injeção deve-se, através de ar comprimido, testar a intercomunicação através dos niples, pois desta interligação dependerá o sucesso da operação.

A injeção deverá ser orientada a partir dos niples inferiores, em direção aos superiores.

STRUTURAL INJEÇÃO é fornecido em dois componentes A e B, os quais devem ser misturados nas proporções indicadas, pouco antes da aplicação.



**STRUTURAL INJEÇÃO - UM SISTEMA ADEQUADO PARA CADA TIPO DE TRINCA OU FISSURA.**

STRUTURAL INJEÇÃO 201: Para fissuras menores que 1 mm. (microfissuras).

STRUTURAL INJEÇÃO 202: Para trincas com presença de umidade.

STRUTURAL INJEÇÃO 203: Para trincas maiores que 1 mm., onde exige-se pH alcalino e endurecimento rápido.

STRUTURAL INJEÇÃO 204: Para trincas maiores que 1 mm., com endurecimento lento.

#### PROPORÇÕES DE MISTURA

STRUTURAL INJEÇÃO 201:	Componente A:	100 partes em peso
	Componente B:	27 partes em peso
STRUTURAL INJEÇÃO 202:	Componente A:	100 partes em peso
	Componente B:	30 partes em peso
STRUTURAL INJEÇÃO 203:	Componente A:	100 partes em peso
	Componente B:	42 partes em peso
STRUTURAL INJEÇÃO 204:	Componente A:	100 partes em peso
	Componente B:	60 partes em peso

TESTES	STRUTURAL INJEÇÃO 201	STRUTURAL INJEÇÃO 202	STRUTURAL INJEÇÃO 203	STRUTURAL INJEÇÃO 204
Tempo de uso (100 g/25° C)	51 min.	13 min.	86 min.	154 min.
Viscosidade da mistura a 25° C	176 cP	224 cP	608 cP	848 cP
Resistência à flexão após 1 dias	508 kg/cm <sup>2</sup>	580 kg/cm <sup>2</sup>	910 kg/cm <sup>2</sup>	125 kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à flexão após 2 dias	615 kg/cm <sup>2</sup>	513 kg/cm <sup>2</sup>	830 kg/cm <sup>2</sup>	543 kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à flexão após 3 dias	787 kg/cm <sup>2</sup>	738 kg/cm <sup>2</sup>	803 kg/cm <sup>2</sup>	857 kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à compressão após 1 dia	934 kg/cm <sup>2</sup>	990 kg/cm <sup>2</sup>	862 kg/cm <sup>2</sup>	196 kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à compressão após 2 dias	1022 kg/cm <sup>2</sup>	1050 kg/cm <sup>2</sup>	890 kg/cm <sup>2</sup>	721 kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à compressão após 3 dias	967 kg/cm <sup>2</sup>	1027 kg/cm <sup>2</sup>	926 kg/cm <sup>2</sup>	850 kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à tração após 1 dia	442 kg/cm <sup>2</sup>	275 kg/cm <sup>2</sup>	440 kg/cm <sup>2</sup>	129 kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à tração após 2 dias	384 kg/cm <sup>2</sup>	327 kg/cm <sup>2</sup>	458 kg/cm <sup>2</sup>	322 kg/cm <sup>2</sup>
Resistência à tração após 3 dias	495 kg/cm <sup>2</sup>	376 kg/cm <sup>2</sup>	488 kg/cm <sup>2</sup>	535 kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de sistema	rápido	rápido	médio	lento

NOTA: Resistência à flexão: NORMA DIN - 53452 - Resistência à compressão: NORMA DIN - 53454

Resistência à tração: NORMA DIN - 53455

#### EMBALAGENS

STRUTURAL INJEÇÃO 201: Componente A: 200 g. Componente B: 54 g.	STRUTURAL INJEÇÃO 203: Componente A: 200 g. Componente B: 84 g.
STRUTURAL INJEÇÃO 202: Componente A: 200 g. Componente B: 60 g.	STRUTURAL INJEÇÃO 204: Componente A: 400 g. Componente B: 240 g.

#### LIMPEZA DAS FERRAMENTAS:

As ferramentas deverão ser limpas com solventes tais como Xilol, Toluol, Metil Isobutil Ketona ou Álcool Etílico, imediatamente após o uso.

#### HIGIENE DO TRABALHO:

A manipulação de resinas Epóxi e seus endurecedores, assim como o trabalho com outros produtos químicos, exige a observação cuidadosa de certas recomendações higiênicas. A nossa publicação "Precauções higiênicas no trabalho com resinas Epóxi e Endurecedores" que colocamos à disposição dos interessados, trata pormenorizadamente os problemas em questão. As informações contidas neste folheto baseiam-se em nossas pesquisas. Esperamos que estas informações sejam úteis para orientação dos seus trabalhos. Entretanto, não podemos assumir qualquer responsabilidade pelos resultados obtidos em suas atividades.

# CONBEXTRA EP

## GROUT À BASE DE RESINA EPOXÍDICA

### CARACTERÍSTICAS GERAIS:

Produto à base de resinas epoxídicas formulado para o preenchimento de vazios e vãos, sendo de alta resistência, resistente ao ataque químico, permitindo a liberação da estrutura em 2 horas.

### USOS:

Para o groutamento de vigas de rolamento, equipamento sujeito a vibrações, choques, cargas cíclicas e dinâmicas.

### VANTAGENS

- Não retrai - não há perda de adesão ou de superfície de contato.
- Resistente a cargas dinâmicas - formulado para ser usado em condições de operação adversas.
- Instalação rápida - a facilidade de mistura e as características de alta fluidez garantem a rapidez na aplicação.
- Ganho rápido de resistência - o tempo inoperante é mínimo e o maquinário volta a entrar em funcionamento rapidamente.
- Autoadesivo - a alta adesão da resina epoxi a todas as superfícies de contato garantem a vida longa do groutamento.
- Fluência mínima - os materiais são formulados para apresentar características de baixa fluência em condições de carga constante.
- Alta resistência - apresenta alta resistência à compressão, à tração e à flexão.
- Resistência a produtos químicos - resiste à maioria dos produtos químicos, ácidos e alcalis.

- Versátil - a disponibilidade do produto em dois tempos de pega permite maior flexibilidade de uso, especialmente em condições de frio.

### TIPOS

- CONBEXTRA EP-L - para preenchimento de vãos acima de 20 mm
- CONBEXTRA EP-S - para preenchimento de vãos de 9 a 40 mm
- CONBEXTRA EP-LV - para injeção de vãos de 0,25 a 9 mm
- CONBEXTRA EP-109 - para injeção de fissuras
- O CONBEXTRA EP-L ou S contém agragados e são fornecidos em três componentes pré-pesados.
- O CONBEXTRA EP-LV e o 109 é um composto líquido, bicomponente.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Vida no recipiente	
CONBEXTRA EP L ou S	20 min a 25°C
CONBEXTRA EP LV	
	10 min a 30°C
	15 min a 25°C
	20 min a 20°C
	60 min a 10°C
CONBEXTRA EP-109	30 min a 25°C
Viscosidade	
CONBEXTRA EP LV	15°C 3 poise
	10°C 11 poise
CONBEXTRA EP 109	25°C 1 poise
EMBALAGEM - Conjunto de 1 a 5 kg.	

### RESISTÊNCIAS MECÂNICAS

Produto	°C	Resistência à Compressão MPa*			Resistência à Tração MPa	Resistência à Tração na Flexão MPa	Módulo de Young MPa
		1	3	7			
Idade (Dias)							
CONBEXTRA EP L	20	94,8	97,9	98,9	17,3	36,7	15.500
CONBEXTRA EP S	20	87,7	92,8	94,8	15,3	37,7	15.400
CONBEXTRA EP LV	20			81,6	35,7		1.600
CONBEXTRA EP 109	20	30,0	85,0	92,5	34,3		1.600

\* 1 MPa = 1N/mm<sup>2</sup> = 10 kgf/cm<sup>2</sup>

## CARACTERÍSTICAS DO FLUXO

CONBEXTRA EP L ou S

A distância máxima do fluxo é governada pela

largura do vão, a altura de carga do grout aplicado e a temperatura no momento do lançamento. O quadro a seguir fornece dados típicos para a previsão do fluxo:

PRODUTO	°C	Altura do Grouteamento (mm)	Altura de Carga (mm)	Fluxo Máximo (mm)
CONBEXTRA EP L	20	20	100	1200
	5	20	100	600
CONBEXTRA EP S	20	12	100	900
	5	12	100	450

CONBEXTRA EP LV e 109 - Fluxo determinado pela altura do grouteamento e a pressão aplicada.

## DENSIDADE

- CONBEXTRA EP L 2050 kg/m<sup>3</sup>
- CONBEXTRA EP S 1950 kg/m<sup>3</sup>
- CONBEXTRA EP LV 1060 kg/m<sup>3</sup>
- CONBEXTRA EP 109 1150 kg/m<sup>3</sup>

## APLICAÇÃO

- Preparo da base
1. Certifique-se de que todas as superfícies de contato estão isentas de contaminações óleos ou graxas. O concreto deve ser raspado por meio mecânico ou lavado com banho ácido para produzir uma superfície íntegra e isenta de qualquer material de baixa aderência.  
Deve-se remover toda a poeira.  
As superfícies de aço devem ser limpas por meio de jateamento com granalha para remover a ferrugem e a carepa de laminação.
  2. Todas as superfícies devem estar praticamente secas. Deve-se remover toda a água parada.
  3. Monte as formas conforme necessário. Assegure-se de que todas as juntas e a interface na base da forma estão completamente fechadas, de modo a impedir o vazamento do material de grouteamento.
  4. Para se obter condições de alta fluidez, é essencial produzir uma carga hidrostática do grout. A figura 1 mostra esquematicamente uma forma típica.

Figura 1 - Sistema de funil alimentador



## MISTURA

A mistura de CONBEXTRA EP deve ser feita da seguinte maneira:

- Despeje todo o conteúdo da lata do endurecedor no recipiente da resina, e misture até

ficar homogêneo. Coloque o material resultante num misturador, certificando-se de que todo o volume é despejado. Adicione o agregado CONBEXTRA EP S ou L e misture por dois minutos ou até obter uma cor uniforme.

## NOTA

Deve-se utilizar um misturador mecânico. Consultar o departamento técnico da FOS-ROC sobre equipamentos adequados.

## LANÇAMENTO

O grout misturado deve ser despejado de modo constante e a partir de um lado apenas, isto é, através da altura de carga formada. NÃO utilize vibrador. Quando for necessário empregar mais de uma mistura, o tempo necessário para despejar cada mistura completa deve ser regulada pelo tempo necessário à preparação da próxima mistura, de modo a garantir um lançamento contínuo.

## LIMPEZA

Todas as ferramentas e equipamentos devem ser limpos com solvente imediatamente após o uso.

## PRECAUÇÕES

- Saúde e segurança  
Algumas pessoas são sensíveis a resinas epoxi e no contato com a pele pode produzir dermatite. Ao manipular os produtos CONBEXTRA EP deve-se utilizar luvas.  
Se ocorrer contato com a pele, deve-se utilizar um creme removedor de resina, lavar em seguida com água e sabão.  
NÃO USE SOLVENTE. O contato direto com os olhos produz irritação e pode causar sérios danos se não for tratado. Recomenda-se o uso de óculos de proteção. A qualquer contaminação dos olhos, deve-se lavá-los muito bem com água em abundância e procurar um médico imediatamente.  
Em áreas fechadas, garanta uma ventilação adequada. Não se recomenda fumar.

## SIKADUR 52 Adesivo para injeção em trincas e fissuras estruturais

● Líquido castanho claro

Densidade = 1,1

SIKADUR 52 é um produto à base de resinas epóxicas, fornecido com dois componentes (A e B).

É especialmente recomendado para enchimento de fissuras nos concretos (pontes, silos, lajes, pilares, galerias, reservatórios, cortinas, etc.), e ancoragem de cabos, rebites, etc.

### PROPRIEDADE

SIKADUR 52 penetra profundamente nas fissuras, soldando-as, restabelecendo a estrutura monolítica do concreto. A solda apresenta altas resistências mecânicas, sem retração, devido a ausência de solventes. Indicado para enchimento de fissuras estruturalmente estáveis. As que sofrem grandes deformações devem ser reparadas com o mastique SIKAFLEX 1a.

### CARACTERÍSTICAS

Duração de vida: 45 min. (30°C) a 75 min. (20°C), conforme a temperatura ambiente.

Cura inicial: 5 a 7 horas.

Cura final: 7 dias.

Viscosidade (Temp. 25°C): 300 a 400 CPS

### EMPREGO

#### Preparo das Fissuras

Executar furos com brocas de vidia diâmetro de 5/16", 3/8" ou 1/2", normalmente à face da peça. A seguir deverão ser colocados dutos plásticos nos furos e fixados com SIKADUR 31. A vedação externa da fissura (entre os dutos) também deverá ser feita com SIKADUR 31.

#### Preparo do Produto

O SIKADUR 52 somente deverá ser preparado após cerca de 8 a 24 horas depois de efetuada a vedação da fissura (entre os dutos).

Proceder a homogeneização separada dos componentes A e B. Fazer em seguida, a mistura de ambos, adicionando todo componente B ao A. Esta mistura será feita com um agitador mecânico por 3 minutos ou manualmente, de forma enérgica, por 5 minutos evitando formação de bolhas.

#### Aplicação do Produto

O SIKADUR 52 é aplicado sob pressão, através de um injetor apropriado - (também fornecido pela SIKAS/A).

A pressão da injeção varia de 60 a 120 libra/pol<sup>2</sup>, dependendo das características da peça a ser tratada: espessura, abertura da fissura, etc. A injeção deverá ser feita a partir dos furos inferiores para os superiores. Recomenda-se, sempre que possível, nova aplicação duas a três horas após a primeira injeção. Para limpeza dos utensílios, utilizar COLMA SOL SOLVENTE.