

MARCOS STORTE

LÁTEX ESTIRENO-BUTADIENO  
APLICAÇÃO EM CONCRETOS DE  
CIMENTO E POLÍMERO

Dissertação apresentada à Escola  
Politécnica da USP para a obten-  
ção do título de Mestre em Enge-  
nharia.

São Paulo, 1991

FD-1226



São Paulo, 1991

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dra. Yasuko Tezuka

nharia.

ção do título de Mestre em Enge-

Politécnica da USP para a obten-

Dissertação apresentada à Escola

LÁTEX ESTIRENO-BUTADIENO  
APLICAÇÃO EM CONCRETOS DE  
CIMENTO E POLÍMERO

Eng. Civil, Escola de Engenharia de Volta Redonda, 1978

MARCOS STORTE

Olivio e Anna

Aos meus pais,

À Profa Dra. Yasuko Tezuka, pela orientação deste trabalho que se constitui em minha iniciação científica.

À Associação Brasileira de Cimento Portland pelo apoio e informação que viabilizaram o desenvolvimento experimental desta dissertação.

AGRADECIMENTOS



The several types of concretes with cement and polymers are analysed preliminarily in search of evaluate the one's polymer characteristics and principally the interactions with the concrete. The principal vision is to the concrete of cement and latex styrene-butadiene, because it's not necessary equipment and workmanship specialized, at same time it's not modified the production technology applied to the conventional concrete.

The properties of fresh and hardened concrete are analysed as subsidy that one founded difficulties with the specification of industrial floors and pavements, with a comparison between concretes with different dosages of latex styrene-butadiene.

#### SUMMARY

Os diversos tipos de concretos de cimento e polímero são analisados preliminarmente, procurando-se avaliar as características de cada polímero e principalmente as interações com o concreto. O enfoque principal é para o concreto de cimento e latex estireno-butadieno, por não necessitar de mão de obra e equipamentos especializados, bem como não modificar a tecnologia de produção aplicada ao concreto convencional.

Uma análise das propriedades do concreto fresco e endurecido é efetuada como subsídio aos que tem encontrado dificuldades na especificação de pisos industriais e pavimentos, comparando-se os concretos com diferentes dosagens de latex estireno-butadieno.

#### RESUMO

SUMARIO

I	Dedicatória	1
II	Agradecimentos	3
III	Resumo	8
IV	Summary	8
V	Lista de Figuras	9
VI	Lista de Tabelas	9
	1. - Introdução	1
	2. - Histórico	3
	3. - Principios da modificação dos concretos de cimento e polímero	8
	3.1. - Modificação com latex polímero	8
	3.2. - Modificação com emulsões em pó	9
	3.3. - Modificação com polímeros solúveis em água	9
	3.4. - Modificação com resinas líquidas	10
	3.5. - Modificação com monômeros	10
	4. - Processo tecnológico do concreto de cimento e polímero	12
	4.1. - Latex polímero	12
	4.2. - Reações de hidratação	15
	4.3. - Dosagem	18
	4.4. - Mistura adensamento e cura	19
	5. - Propriedades do concreto de cimento e polímero	20
	5.1. - Propriedades no concreto fresco	20
	5.1.1. - Consistência	20
	5.1.2. - Ar incorporado	21
	5.1.3. - Tempo de pega	23
	5.2. - Propriedades no concreto endurecido	24
	5.2.1. - Resistência à compressão	24
	5.2.2. - Resistência à flexão	25
	5.2.3. - Módulo de elasticidade	26

6.2.4.	- Retração .....	27
5.2.5.	- Absorção de água .....	28
5.2.6.	- Resistência à abrasão .....	29
5.2.7.	- Resistência à agentes químicos .....	29
6.	- Desenvolvimento experimental .....	30
6.1.	- Materiais .....	30
6.1.1.	- Cimento .....	31
6.1.2.	- Agregado miúdo .....	31
6.1.3.	- Agregados Gáudos .....	33
6.1.4.	- Água .....	38
6.1.5.	- Latex .....	38
6.2.	- Preparação dos concretos .....	38
6.2.1.	- Dosagens .....	39
6.2.2.	- Mistura, Moldagem e Cura .....	39
6.3.	- Propriedades do Concreto de cimento e polímero fresco. 43	43
6.3.1.	- Resistência pelo abatimento do Tronco de Cone .....	43
6.3.2.	- Resistência pela caixa de Walz .....	46
6.3.3.	- Resistência pelo aparelho Vebe .....	49
6.3.4.	- Massa específica e teor de ar .....	52
6.3.5.	- Tempo de pega .....	53
6.3.6.	- Exsudação .....	54
6.4.	- Propriedades do Concreto de cimento e polímero endurecido 56	56
6.4.1.	- Resistência à tração na flexão .....	56
6.4.2.	- Resistência a compressão .....	62
6.4.3.	- Módulo de elasticidade estático na compressão .....	65
6.4.4.	- Absorção de água por imersão- Índice de vazios e massa específicas .....	69
6.4.5.	- Resistência à abrasão por jateamento de areia .....	72
6.4.6.	- Resistência química .....	76
6.4.7.	- Aderência .....	88
6.4.8.	- Retração por secagem .....	91



7.	- Conclusões .....	99
	Referências Bibliográficas .....	102

3.1.	-	Polímeros e monômeros utilizados em concretos de cimento e polímero.....	8
4.1.	-	Látex para utilização em concretos de cimento e polímero..	13
4.2.	-	Propriedades de alguns látex polímeros .....	14
4.3.	-	Tragos típicos de argamassa de cimento e polímero. ....	18
4.4.	-	Tragos típicos de concretos de cimento e polímero. ....	19
5.1.	-	Resistência à abrasão de argamassa de cimento e polímero..	29
5.2.	-	Resistência química de argamassa de cimento e polímero..	30
5.1.	-	Características físicas do cimento. ....	31
6.2.	-	Composição granulométrica do agregado miúdo. ....	32
6.3.	-	Massa unitária, massa específica e absorção do agregado miúdo. ....	33
6.4.	-	Massa unitária, massa específica e absorção do agregado grau A. ....	33
6.5.	-	Composição granulométrica do agregado grau A. ....	34
6.6.	-	composição granulométrica do agregado grau B. ....	35
6.7.	-	Massa unitária, massa específica e absorção do agregado grau B. ....	36
6.8.	-	Massa unitária, massa específica e absorção do agregado grau C. ....	36
6.9.	-	Composição granulométrica do agregado grau C. ....	37
6.10.	-	Características físicas do látex estireno-butadieno. ....	38
6.11.	-	Dosagem dos concretos de referência. ....	40

**LISTA DE TABELAS**



6.12 - Dosagens dos concretos com adigão de 10% de estireno-	41
butadieno. ....	41
6.13 - Dosagem do concretos com adigão de 20% de estireno-	42
butadieno. ....	42
6.14 - Resultados do ensaio de consistência pelo abatimento do	44
tronco de cone. ....	44
6.15 - Resultados do ensaio de consistência pela caixa de walz..	47
6.16 - Resultados do ensaio de consistência pelo aparelho	50
Vebe. ....	50
6.17 - Resultados do ensaio para determinação da massa específica	52
e teor de ar. ....	52
6.18 - Resultados do ensaio para determinação do tempo de pega..	53
6.19 - Resultados do ensaio para determinação da exsudação. ....	55
6.20 - Resistência à tração na flexão. ....	59
6.21 - Resistência à compressão. ....	62
6.22 - Módulo de elasticidade estático na compressão. ....	67
6.23 - Absorção de água por imersão, índice de vazios e massa es-	69
pecífica. ....	69
6.24 - Resistência à abrasão por jateamento de areia. ....	74
6.25 - Variação de massa e avaliação visual dos corpos de prova de	77
concreto com 0% adigão de estireno-butadieno. ....	77
6.26 - Variação de massa e avaliação visual dos corpos de prova de	78
concreto com 10% de adigão de estireno-butadieno. ....	78
6.27 - Variação de massa e avaliação visual dos corpos de prova de	79
concreto com 20% de adigão de estireno-butadieno. ....	79
6.28 - Resistência à compressão, após imersão dos corpos de prova	

de concreto com 0% de adigão de estireno-butadieno..... 80

6.29 - Resistência à compressão, após imersão dos corpos de prova  
de concreto com 10% de adigão de estireno-butadieno..... 81

6.30 - Resistência à compressão, após imersão dos corpos de prova  
de concreto com 20% de adigão de estireno-butadieno..... 82

6.31 - Aderência dos concretos modificados com latex estireno-butã  
dieno..... 89

6.32 - Retração por secagem em concretos com 0% de adigão de esti-  
reno-butadieno..... 92

6.33 - Retração por secagem em concretos com 10% de adigão de esti-  
reno-butadieno..... 93

6.34 - Retração por secagem em concretos com 20% de adigão de esti-  
reno-butadieno..... 94

3.1.	- Modelo simplificado de formação do concreto de cimento e pó-límero. ....	11
3.2.	- Modelo simplificado do processo de formação do filme de pó-límero na partícula de cimento hidratado. ....	11
4.1.	- Esquema de reação química. ....	15
5.1.	- Efeitos da relação água/cimento e proporção latex/cimento em argamassas modificadas. ....	21
5.2.	- Efeitos de proporção latex/cimento e a relação água/cimento em concreto com cimento e latex estireno-butadieno. ....	22
5.3.	- Proporção latex/cimento versus ar contido em argamassa de cimento e polímero. ....	22
5.4.	- Tempo de pega entre diferentes argamassas de cimento e polímero. ....	23
5.5.	- Tempo de pega para diferentes proporções de latex estireno-butadieno em concreto polímero. ....	24
5.6.	- Efeito da proporção de monômero em argamassa de cimento e polímero na resistência à compressão. ....	25
5.7.	- Efeito da proporção de monômero em argamassa de cimento e polímero resistência a flexão. ....	25
5.8.	- Valores do módulo de elasticidade em argamassa de cimento e polímero. ....	26
5.9.	- Valores comparativos de retração em argamassas de cimento e polímero. ....	27

**LISTA DE FIGURAS**



- 5.10 - Absorção de água em argamassa de cimento e polímero. .... 28
- 6.1 - Efeitos da relação polímero/cimento e fator água/cimento na resistência pelo abatimento do tronco de cone. .... 45
- 6.2. - Esquema da medida de compactação pela caixa de Walz. .... 46
- 6.3. - Efeitos da relação polímero/cimento e fator água/cimento na resistência pela compactação na caixa de walz. .... 48
- 6.4. - Efeitos da relação polímero/cimento e fator água/cimento na consistência pelo aparelho Vebe. .... 51
- 6.5. - Esquema de posicionamento do corpo de prova prismático para o ensaio de tração na flexão. .... 58
- 6.6. - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na tração à flexão aos 3 dias. .... 60
- 6.7. - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na tração à flexão aos 7 dias. .... 60
- 6.8. - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na tração à flexão aos 28 dias. .... 61
- 6.9 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na tração à flexão para o consumo de cimento de 380 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com D<sub>max</sub> de 25 mm ..... 61
- 6.10 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão aos 3 dias. .... 63
- 6.11 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão aos 7 dias. .... 63
- 6.12 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão aos 28 dias. .... 64
- 6.13 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à

- compressão para o consumo de cimento de 380 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com D<sub>max</sub> de 25 mm ..... 64
- 6.14 - Esquema de procedimento do ensaio para determinação do módulo de elasticidade estático na compressão. .... 66
- 6.15 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno no módulo de elasticidade estático na compressão aos 28 dias. .... 68
- 6.16 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na absorção de água por imersão. .... 70
- 6.17 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno no índice de vazios. .... 70
- 6.18 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na massa específica. .... 71
- 6.19 - Aparelho de abrasão por jateamento de areia. .... 73
- 6.20 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à abrasão por jateamento de areia aos 8 dias. .... 75
- 6.21 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à abrasão por jateamento de areia aos 29 dias. .... 75
- 6.22 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em ácido sulfúrico. .... 83
- 6.23 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em ácido acético. .... 83
- 6.24 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em hidróxido de sódio. .... 84
- 6.25 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em hipoclorito de sódio. .... 84



6.26 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na resistência à	85
compressão em concretos imersos em óleo lubrificante. ....	
6.27 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na resistência à	85
compressão em concretos imersos em acetona. ....	
6.28 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na resistência à	86
compressão em concretos imersos em gasolina. ....	
6.29 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na resistência à	86
compressão em concretos imersos em álcool Etilico. ....	
6.30 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na resistência à	87
compressão em concretos imersos em Toluol. ....	
6.31 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na resistência à	87
compressão em concretos imersos em detergente. ....	
6.32 - Esquema do corpo de prova para o ensaio de tração na	88
flexão. ....	
6.33 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na tração à fle-	90
xão para determinação da aderência em concretos modificados	
com 3 dias de moldagem. ....	
6.34 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na tração à fle-	90
xão para determinação da aderência em concretos modificados	
com 28 dias de moldagem. ....	
6.35 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento	95
de 320 Kg/m <sup>3</sup> e agregado com Dmax de 25 mm. ....	
6.36 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento	95
de 320 Kg/m <sup>3</sup> e agregado com Dmax de 19 mm. ....	
6.37 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento	95
de 320 Kg/m <sup>3</sup> e agregado com Dmax de 9,5 mm. ....	

- 6.38 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 380 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax de 25 mm. .... 96
- 6.39 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 380 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax de 19 mm. .... 96
- 6.40 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 380 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax de 9,5 mm. .... 96
- 6.41 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 450 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax de 25mm. .... 97
- 6.42 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 450 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax de 19mm. .... 97
- 6.43 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 450 Kg/m<sup>3</sup> e agregados com Dmax de 9,5mm. .... 97
- 6.44 - Retração por secagem dos concretos com Dmax de 25 mm e ida- de de 224 dias. .... 98
- 6.45 - Retração por secagem dos concretos com Dmax de 19 mm e ida- de de 224 dias. .... 98
- 6.46 - Retração por secagem dos concretos com Dmax de 9,5 mm e ida- de de 224 dias. .... 98

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto de cimento Portland é um excelente material de construção devido ao seu fácil manuseio, produzindo uma massa plástica que pode ser lançada e moldada de forma e tamanho pré-determinados quando endurecido.

Sendo um produto fabricado pelo próprio engenheiro, na maioria das vezes no canteiro de obra, deve apresentar características e propriedades compatíveis com a finalidade a que se destina. Portanto, o concreto de cimento Portland tem sido um material de construção utilizado há mais de 150 anos (1) para execução de barragens, edifício, pontes, estradas, canais, etc...

Entretanto, o concreto tem demonstrado certas limitações (2) com relação à resistência à tração na flexão, ataque de agentes agressivos, abrasão, absorção de água, etc...

Contudo novos materiais de construção tem sido investigados em vários laboratórios por todo o mundo, entre eles o concreto polímero onde a tecnologia do concreto de cimento é combinada com polímeros. A introdução de polímeros nos concretos de cimento Portland (3) pode ser feita da seguinte maneira:

a) Impregnação de um concreto normal de cimento Portland endurecido por monômero, seguido de polimerização, obtendo-se o concreto impregnado de polímero:

b) Mistura de monômero com agregados, seguido de polimerização

c) Introdução direta de um monômero ou polímero no concreto fresco após moldagem e adensamento, obtendo-se concreto de resina.

co durante a mistura, seguido de cura e polimerização após moldagem e adensamento, obtendo-se o concreto de cimento e polímero.

Dentre os três tipos de concretos polímeros, no caso brasileiro

ro, por não necessitar de mão de obra e equipamentos especializados, bem como não modificar a tecnologia de produção, o concreto de cimento e polímero parece o mais promissor para aplicações em pisos industriais e pavimentos.

Este trabalho tem como objetivo determinar algumas características técnicas do concreto de cimento e polímero, utilizando materiais não cionais, como subsídio aos projetistas que tem encontrado dificuldades na especificação de pisos industriais e pavimentos.



O conceito de concreto de cimento e polímero, teve seu início em 1.923, quanto a primeira patente do processo foi efetuada por Cresson (4) e se referia à utilização de borracha natural no concreto de cimento aplicado a calçamentos, onde o cimento era utilizado como carga. A primeira publicação com intenção de produção de um cimento e polímero foi a patente de Lebeure(5) onde também usava-se a borracha natural através de um método racional de mistura, o que é relevante do ponto de vista histórico, haja vista que em 1.925, uma ideia similar foi patenteada por Kirkpatrick(6) Entre os anos 20 e 30, o concreto de cimento e polímero foi sendo desenvolvido, utilizando-se um látex de borracha natural, quando em 1.932 foi sugerido pela primeira vez a utilização de látex de borracha sintética por Bond(7), sendo que a primeira utilização de látex de látex de acetato de polivinila em concreto de cimento e polímero foi efetuada por Rodwell(8) em 1.933.

Em síntese, a década de 30 foi o divisor entre o uso de látex de borracha natural para o látex de borracha sintética ou de resina nos concretos de cimento e polímero.

Nos anos 40, várias patentes de sistemas com látex sintéticos foram publicadas, tais como de polichloropreno(9) e látex de éster poliacrílico.

Também, os concretos e argamassas modificadas com acetato de polivinila foram desenvolvidos para aplicações práticas e tiveram nestes anos, na Inglaterra, utilização em convés de navio, em tabuleiros de pontes, em pisos anticorrosivos e como material adesivo. Ainda na Inglaterra, os estudos da possibilidade de aplicação do látex de borracha natural foram conduzidos por Griffiths (11) e Stevens(12), entretanto o grande interesse no uso de látex sintético

## 2. HISTÓRICO



tico para os concretos de cimento e polímeros.

Em 1953, Geist et alii (13) apresentou um estudo detalhado sobre argamassa modificada com acetato de polivinila e proporcionou um grande número de sugestões para as pesquisas posteriores e desenvolvimento dos sistemas de concretos polímeros.

Nos Estados Unidos, os estudos sobre concretos de cimento e polímeros foram iniciados em 1952 (14), e a primeira aplicação prática foi na restauração de concreto da ponte de Cheyboygam, Michigan, em 1959 e que ainda hoje apresenta-se em boas condições de utilização.

Nos anos 60, houve um grande incremento nas aplicações de concretos e argamassas de cimento e polímero, utilizando-se o látex de estireno-butadieno (15), o éster poliacrílico(16) e os ésteres polivinílicos (17) e desde esta data as pesquisas e o desenvolvimento do concreto de cimento e polímero tem tido considerável avanço em vários países, particularmente Estados Unidos, Japão e Inglaterra. Conseqüentemente, um considerável número de publicações incluindo patentes, artigos e trabalhos tem aparecido. Entre estas publicações podemos ressaltar o seguinte:

a) Patentes da FI du Pont de Nemours and Co(18); da Master Mechanics Co(19); American Cyanamid co (20); Dow Chemical Co (21) e Onoda Cement Co (22).

b) artigos escritos por Yu. S. Cherkinskii(23); Namiki and Ohama (24), Solomatorov(25); Sataikin et alii(26); Paturoev(27); Wilson e Crisp (28) e ACI Committee (29).

c) Ensaio escritos por Wagner (30 a 33); Petri (34), Mori Kawano, Ohama et Alii(35) e Ohama(36-39).

d) Trabalhos apresentados nos principais congressos e conferências sobre concretos polímeros, conforme segue (40).

DATA	LOCAL	NOME DO CONGRESSO OU CONFERÊNCIA
Setembro, 1967	Paris, França	RILEM Symposium, " Synthetic resins in Building Construction".
Outubro, 1972	Hollywood, Florida, USA	1972 ACI Fall Convention. " Poly- mers in Concrete".
Março, 1973	Atlantic City, New Jersey, USA	1973 ACI Spring Convention " Poly- mers in Concrete".
Abril, 1973	Tyne, U.K.	Symposium, " Resins and Concrete"
Maió, 1975	London,	" First International Congress on Polymers in Concrete "
Outubro, 1976	Mexico City, Mexico	" International Symposium on Poly- mers in Concrete" ( 1976 ACI Fall Convention "
Outubro, 1978	Austin, Texas, USA	" Second International Congress on Polymers in Concrete".
Setembro, 1980	San Juan, Puerto Rico	1980 ACI Fall Convention, " Poly- mers in Concrete "
Maió, 1981	Koriyama, Japão	" Third International Congress on Polymers in Concrete "
Junho, 1981	Prague, Czechoslovakia	Plastics in material and structu- ral Engineering. ICF/RILEM/IBK International Symposium.
Setembro, 1984	Darmstadt West Germany	" Fourth International Congress on Polymers in Concrete."
Setembro, 1987	Brighton, U.K.	" Fifth International Congress on Polymers in Concrete."

No Japão o primeiro trabalho sobre o concreto de cimento e poli- mero foi publicado em 1953, relacionado com o uso de acetato de polivinila no concreto e em 1974 foram iniciados os trabalhos de normalização, sendo em 1978 estabelecidas pela " Japan Industrial Standards " ( JIS ) cinco métodos de ensaio de argamassas e concre-

tos de cimento e polímero.

No final dos anos 60, Nutt (41-42) desenvolveu um processo com o uso de resina poliéster insaturada, que recebeu o nome de "Ester crete". Em 1971, Dikeou, Steinberg et alii (43) estudaram outros sistemas, Donnelly (44) e Duff (45) patentearam o sistema baseado em resina epoxi em 1965 e 1973 respectivamente.

Também nos anos 60 (46) a metil celulose começou a ser utilizada como um polímero solúvel em água para modificar argamassas de assentamento de placas cerâmicas.

No início dos anos 80 (47), quando foi detectado que o sistema de concreto impregnado de polímero aplicado em vários pavimentos de pontes apresentava altos teores de cloretos abaixo da camada de concreto impregnado de polímero, aparentemente, devido a fissuras provocadas pela alta temperatura necessária para secagem do concreto e polimerização, proporcionou um maior interesse nos concretos de cimento e polímero.

Em 1981, Kuhlman (48) relatou baseado em experiências, que o concreto de cimento e látex estireno-butadieno apresentava excelentes resultados com relação à aderência e resistência à tração na flexão e posteriormente, em 1986 (49), complementou estas experiências com ensaios de absorção d'água e resistência química, também com bons resultados.

Em 1981, por ocasião do Terceiro Congresso Internacional sobre polímeros em concreto, na cidade de Koriyama no Japão, foi fundada uma organização internacional para organizar os congressos e disseminar as informações existentes sobre polímeros em concreto em todo o mundo.

Em 1985, Ohama e Shiroishida (50) apresentaram um trabalho sobre a utilização de polímeros de acetato de polivinila e de poliacetato de vinila-etileno (EVA) para modificação de argamassas na forma de pó, utilizando como parâmetro argamassas modificadas com



látex de estireno-butadieno.

Em 1986, Lavelle ( 51 ) efetuou experiências com látex acrílico, verificando propriedades semelhantes às do concreto de cimento e látex estireno-butadieno, utilizado para pisos industriais e como revestimento superficial para concretos convencionais de grande durabilidade.

No último congresso Internacional sobre polímeros em concreto, em 1987 (52), podemos verificar um interesse acentuado sobre os concretos de cimento e polímero, o que evidencia ser este material uma ferramenta atual para a Engenharia.

### 3. PRINCÍPIOS DA MODIFICAÇÃO DOS CONCRETOS DE CIMENTO E POLÍMERO

Os concretos de cimento e polímero são produzidos com a mistura de polímeros ou monômeros dispersos na forma líquida ou em pó, subsequentemente curados e se necessário, o monômero é polimerizado in situ. Os polímeros e monômeros utilizados nos concretos de cimento e polímero estão indicados na tabela 3.1.

Tabela 3.1. - Polímeros e monômeros utilizados em concretos de cimento e polímero (53)

Polímeros e Monômeros	} Emulsões em pó	Polímeros solúveis em água	Resinas líquidas	Monômeros	
					} Latéx polímero

Vários concretos e argamassas modificados, com polímeros são produzidos utilizando os polímeros e monômeros mostrados na tabela 3.1., entre eles os látex polímeros são os mais usados. Embora os polímeros e monômeros em todas as formas citadas sejam aplicados nos concretos e argamassas é muito importante que a hidratação do cimento e a fase de formação do polímero ( coalescência das partículas do polímero e a polimerização do monômero ) ocorram de maneira a formar uma matriz monolítica em que a fase látex interpenetra através da fase do cimento hidratado (53).

### 3.1. MODIFICAÇÃO COM LÁTEX POLÍMEROS



Na modificação com polímeros solúveis em água, tais como os derivados de celulose e o álcool polivinílico, pequenas quantidades de polímero são adicionadas como uma solução aquosa na argamassa e concreto polímeros durante a mistura (57). Esta modificação geralmente melhora a trabalhabilidade por causa da atividade superficial dos polímeros solúveis em água e a prevenção com o fenômeno da falta de hidratação do cimento durante a evaporação da água do argamassa e concreto polímeros (58).

A prevenção com a falta de hidratação é interpretada nos ter

### 3.3. MODIFICAÇÃO COM POLÍMEROS SOLÚVEIS EM ÁGUA

O princípio de modificação de uma argamassa de concreto polímero com emulsões em pó é quase o mesmo que ocorre com os látex polímeros (56), exceto que esta modificação envolve a introdução de emulsões em pó. A maioria das emulsões em pó são usadas em uma pré-mistura, a seco, com os agregados e cimento e posteriormente adiciona-se a água. Durante a mistura, as emulsões em pó são re-emulsificadas e a modificação da argamassa e concreto polímero comporta-se como a do látex polímero

### 3.2. MODIFICAÇÃO COM EMULSÕES EM PÓ

O concreto de cimento e látex polímero é consequência da hidratação do cimento e da formação do filme de polímero. A hidratação do cimento geralmente precede o processo de formação do filme de polímero (54); acredita-se que esta matriz acontece conforme o modelo simplificado que podemos ver na figura 3.1.(53,54,55). Também, de maneira simplificada, podemos ver na figura 3.2 (53), o processo de formação do filme de polímero na partícula de cimento hidratado.

O princípio da modificação com monômeros é quase o mesmo que ocorre com a modificação com resinas líquidas, exceto que isto envolve a adição de monômeros no lugar de resinas líquidas (62). Nesta modificação, quantidades consideráveis de monômeros são misturadas ao concreto, e tanto a polimerização e a hidratação do cimento ocorrem ao mesmo tempo, durante ou após a cura (63). Geralmente esta modificação não é bem sucedida, por causa do baixo desempenho das propriedades mecânicas deste sistema (64).

### 3.5. MODIFICAÇÃO COM MONÔMEROS

Na modificação com resinas líquidas termofixas, consideráveis quantidades de polímeros de baixo peso molecular polimerizáveis ou de pré polímeros são adicionados na forma líquida no concreto de cimento e polímero durante a mistura sendo a quantidade de polímero presente na modificação geralmente maior do que a necessária quando utilizado um latex polímero (59). Nesta modificação, a polimerização inicia-se na presença da água para formar a fase polimérica e simultaneamente ocorre a hidratação do cimento. Como resultado, nesta fase intermediária é formada uma estrutura fechada onde existe uma interpenetração recíproca da fase polímero com fase do cimento hidratado e uma grande aderência ao agregado. Consequentemente, várias propriedades do concreto de cimento e resina líquidas são melhoradas, da mesma maneira que acontece com os concretos modificados com latex polímero (60,61).

### 3.4. MODIFICAÇÃO COM RESINAS LÍQUIDAS

mos do incremento de viscosidade da fase agnosa na modificação do concreto polímero e o efeito selante pela formação de um filme muito fino e impermeável nas partículas do cimento.

(A) IMEDIATAMENTE APÓS A MISTURA. - PARTÍCULAS DE CIMENTO NÃO HIDRATADAS.



- PARTÍCULAS DE POLÍMERO.

- AGRÉGADOS.



(A ÁGUA OCUPA OS ESPAÇOS INTERSTICIAIS).

- MISTURA DE PARTÍCULAS NÃO HIDRATADAS DE CIMENTO E GEL DE CIMENTO. (NESTA FASE OCORRE UMA DEPOSIÇÃO PARCIAL DAS PARTÍCULAS DE POLÍMERO).



(B) PRIMEIRO PASSO.

- MISTURA DE GEL DE CIMENTO E PARTÍCULAS NÃO HIDRATADAS DE CIMENTO ENVOLVIDAS COM UMA CAMADA DE PARTÍCULAS DE POLÍMERO.



(C) SEGUNDO PASSO.

- PARTÍCULA DE CIMENTO HIDRATADO ENVOLVIDA COM O FILME DE POLÍMERO.



- AR APRISIONADO.



(D) TERCEIRO PASSO.

ESTRUTURA ENDURECIDA

Figura 3.1. - Modelo simplificado de formação do concreto de cimento e polímero ( 53.54.55 )

PARTÍCULAS DE POLÍMERO

ÁGUA

LÁTEX POLÍMERO

FLOCULAÇÃO DAS PARTÍCULAS DE POLÍMERO

FORMAÇÃO DA ESTRUTURA FECHADA DE PARTÍCULA DE POLÍMERO

- DRENAGEM DA ÁGUA ATRAVÉS DAS PARTÍCULAS DE POLÍMERO

- COALESCÊNCIA DAS PARTÍCULAS DE POLÍMERO

FORMAÇÃO DO FILME DE POLÍMERO

Figura 3.2. - Modelo simplificado do processo de formação do filme de polímero na partícula de cimento hidratado ( 53 ).



O termo látex foi originalmente usado para designar o produto natural obtido da seringueira, constituído de partículas de borracha sólida dispersas em água (66). Muitos látex fabricados hoje são formados por emulsão de sistemas de copolímeros e contém cerca de 50% de polímeros, em massa. Os látex apresentam-se sob a forma de partículas esféricas muito pequenas, da ordem de 0,5µm a 1,0µm de diâmetro mantidas em suspensão na água pelo uso de agentes de superfície (67). Estes agentes estabilizam os polímeros na presença de íons polivalentes do cimento e previnem a coagulação das partículas sob a ação de forças cisalhantes que se desenvolvem quando o concreto é misturado

#### 4.1. LÁTEX POLÍMERO

O processo tecnológico do concreto de cimento e polímero é quase o mesmo que acontece com o concreto convencional. A maioria dos látex polímeros utilizados são na forma de emulsão e adicionados ao concreto de cimento e polímero durante a mistura. O látex polímero é utilizado em elevadas proporções quando comparado com outros aditivos introduzidos no concreto, tais como, agentes incorporadores de ar ou redutores de água. O concreto de cimento e polímero, com suas proporções próprias, é misturado e lançado como um concreto convencional, sendo a principal diferença a introdução do látex polímero.

#### 4. PROCESSO TECNOLÓGICO DO CONCRETO DE CIMENTO E POLÍMERO

As razões para isto são a interferência com hidratação do cimento, a degradação dos monômeros pela alcalinidade do cimento e a dificuldade de uma dispersão uniforme dos monômeros com os outros componentes durante a mistura (65).

Existe uma grande variedade de formulação de latex utilizados com cimento portland, conforme podemos ver na tabela 4.1.

Tabela 4.1. - Latex para utilização em concreto de cimento e poli-

mero (68).

- Latex	} Borracha natural	Elastomérico	} Borracha sintética	} Estireno - butadieno (SBR)	} Policlóropreno (CR)	} Acrilonitrila - butã	} dieno - (NBR)	- Latex Termoplástico	} Éster poliacrílico (PAE)	} Poliacetato de vinila-etileno - (EVA)	} Policloreto de vinilideno - cloroto de	} vinila - (PVDC)	} Acetato de polivinila (PVAC)	} Polivinil propionato (PVP)	} Polipropileno	- Latex Termofixo - Epóxi (EP)	- Latex Betuminoso	} Asfalto	} Parafina	} Asfalto Elastomérico	- Latex misto
---------	--------------------	--------------	----------------------	------------------------------	-----------------------	------------------------	-----------------	-----------------------	----------------------------	---	--	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------	--------------------------------	--------------------	-----------	------------	------------------------	---------------

As propriedades de cada tipo de polímero e principalmente dos copolímeros são diferentes. Algumas destas propriedades são apre-sentadas na tabela 4.2.

Tabela 4.2. - Propriedades de alguns latex polímeros (69).

TIPO DE POLÍMERO	SÓLIDOS (%)	MASSA ESPECÍFICA (kg/dm <sup>3</sup> , 20° C)	PH	VISCOSIDADE (cp, 20° C)	ZADOR	ESTABILIZADOR
Estireno - Butadieno	48	1,01	10,0	26		não iônica
Acrlonitrila-Butadieno	41	1,01	9,1	27		--
Acrílico	46	1,05	9,5	250		não iônica
Acetato de poli-vinila	50	1,09	2,5	17		não iônica
Policloropreno	42	1,10	9,0	10		não iônica

Com exceção do látex de resina epóxi, os outros látex são produzidos pelo processo de polimerização em emulsão. O processo envolve a mistura de um ou mais monômeros com água, estabilizador e um catalizador.

A mistura é colocada em um reator sob agitação. Com o controle de temperatura e quantidade catalizador, a reação normalmente é levada até a conversão de 90% a 99% do monômero em polímero(70) Durante o processo, ainda podem ser incorporados produtos para controlar o pH, tamanho das partículas, teor de ar incorporado, etc....

Os látex de acordo com a carga elétrica das suas partículas, determinada pelo tipo de estabilizador usado, podem ser aniônicas, não iônicas e catiônicas (71).

Em geral, os látex catiônicos e aniônicos não são convenientes para uso em concreto de cimento e polímero, pois, nesse sistema esses látex não tem a necessária estabilidade.



## 4.2. REAÇÕES DE HIDRATAÇÃO

Segundo Eash e Shafer (72), as reações de hidratação nos concretos polímeros e nos concretos convencionais são as mesmas.

Na pasta de cimento portland onde as partículas de latex polímero, estão dispersas de maneira uniforme, forma-se, gradualmente, pela hidratação do cimento, os géis de silicato de cálcio hidratado e a fase líquida é saturada de hidróxido de cálcio, enquanto as partículas de latex se depositam parcialmente nas superfícies dos géis já formados e das partículas não hidratadas do cimento portland.

Parece que o hidróxido de cálcio reage com a sílica da superfície dos agregados, formando uma camada de silicato de cálcio (73). As observações sobre estas reações que são complexas, podem ser apresentadas na forma esquemática abaixo:

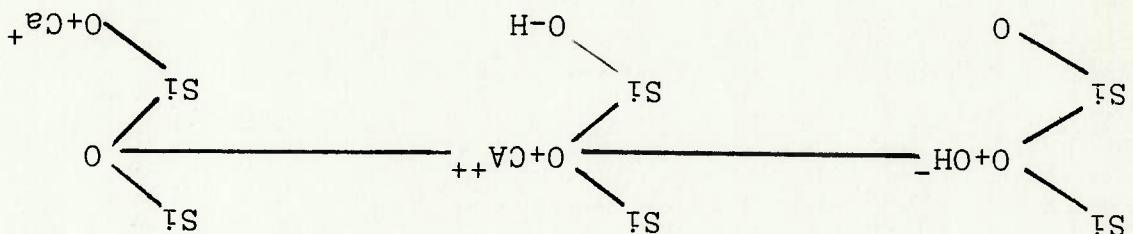


Figura 4.1. - Esquema de reação química (73).

A medida que se desenvolve a hidratação do cimento portland, aumenta-se o teor de gel, e as partículas do latex polímero são paulatinamente retidas nos poros capilares. Com a redução da água nos capilares devido ao prosseguimento da reação de hidratação do cimento portland, as partículas de latex polímeros coalescem formando uma camada contínua nas superfícies dos géis e dos grãos de cimento não hidratados e ainda na camada de silicato de cálcio formado na superfície dos grãos dos agregados.

Por fim, com a retirada de água pela hidratação do cimento portland, as partículas de latex polímero coalescem formando um filme

contínuo ou membrana. As membranas ligam os géis hidratados e os agregados, formando uma massa monolítica em que a fase látex penetra reciprocamente através da fase do cimento hidratado.

A associação das partículas do látex só ocorre nos poros onde existe a ligação iônica **Si-Ca**, onde porventura o íon Cálcio foi substituído por íon Sódio, não existirá associação do látex polimérico, por conseguinte, não ocorrerá a polimerização (74).

A combinação das partículas do polímero com a camada de silicatos de cálcio é irreversível, pois as partículas de látex polimérico não podem ser removidas por ataque de solução de ácido clorídrico ou lavagem com água destilada, o que comprova que existe aderência química das partículas de látex estireno-butadieno.

O mecanismo que envolve essa reação entre o polímero e o íon cálcio não é ainda perfeitamente entendida, entretanto, existem duas hipóteses:

- a) O íon Cálcio reage com as ligações duplas existentes ou formadas no polímero.
- b) O íon Cálcio reage com o dispersante na superfície das partículas do polímero.

Como as pastas de cimento portland endurecidas são formadas principalmente por uma estrutura aglomerada de silicato de cálcio ligados por forgas de van der Waals, essas ligações são fracas, ocorrendo facilmente microfissuras quando a pasta estiver sujeita aos esforços (75).

Estes esforços de ordem estrutural ou térmicos quando aplicados ao concreto convencional tendem a aumentar estas microfissuras, que juntando-se a outras, podem comprometer a matriz concreto. Uma análise da microestrutura (76) revela algumas diferenças notáveis entre o concreto de cimento e polímero e o concreto convencional.

O modelo típico da microestrutura do concreto de cimento de látex



FOTO 2 - Micrografia obtida no microscópio eletrônico de varredura de uma microfiatura de pasta de cimento e Latex.

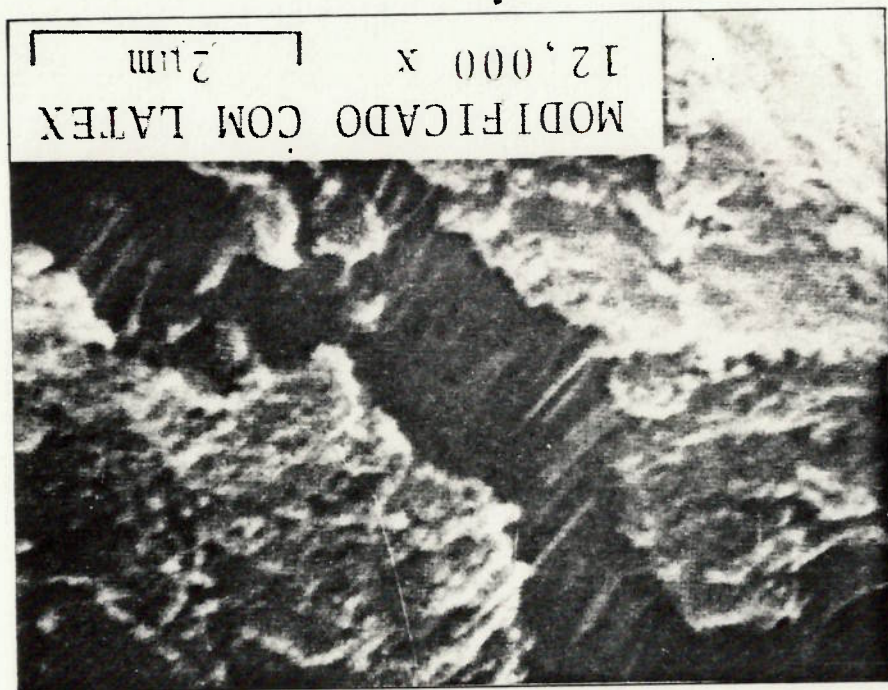


FOTO 1 - Micrografia obtida no microscópio eletrônico de varredura de uma microfiatura de pasta de cimento Portland.





tex polímero, apresenta microfibras de polímero que formam pontes através das microfissuras, restringindo a sua propagação e simultaneamente verificamos uma forte ligação entre a matriz aglomerante e os agregados. Como esta forte ligação no concreto de cimento e latex polímero, proporciona elevadas resistências à tração e adesividade, podemos ver nas fotos 1 e 2 (77).

### 4.3. DOSAGEM

A metodologia de dosagem é a mesma dos concretos convencionais, ou seja, a dosagem varia de acordo com a finalidade da aplicação e das exigências de trabalhabilidade, resistências mecânicas e durabilidade.

Para atender estas condições, a proporção de latex polímero/cimento e água/cimento são controladas, sendo que a relação latex/cimento é definida pelo teor de sólidos da emulsão de latex para o total de cimento utilizado na argamassa ou concreto de cimento e polímero. Entretanto, os latex polímeros são mais efetivos em concretos com consumo de cimento acima de 300 kg/m<sup>3</sup> (78).

Algumas dosagens típicas de argamassas e concretos de cimento e latex polímero são apresentadas nas tabelas 4.3. e 4.4.

Tabela 4.3. - Traços típicos de argamassa de cimento e polímero(78)

MATERIAIS	RELAÇÃO EM MASSA
Cimento portland	1,0
Latex ( em sólidos)	0,10 a 0,20
Agregado miúdo	2,0 a 3,7
Água	0,40 a 0,53

A argamassa e concreto de cimento e polímero não devem ser lan-  
 gados com temperaturas abaixo de 5°C (80).  
 agentes desmoldantes nas formas.  
 limpos imediatamente após o uso. É também recomendável o uso de  
 ve metais, é necessário que as ferramentas e equipamentos sejam  
 Por ter uma excelente adesividade à vários materiais, inclusi-  
 com facilidade (77).

porador de ar não é recomendado, pois o látex polímero retém ar  
 usa-se como agente retardador, o dietileno glicol, já agente incor-  
 Quando há necessidade de se aumentar este período de tempo,  
 a coalescência do látex polímero, podem ocorrer fissuras (79).  
 minutos, pois se o argamassa ou o concreto forem manipulados após  
 tempo de mistura e moldagem deve se situar entre 15 minutos a 30  
 de amassamento e esta mistura adicionada ao cimento e agregados. O  
 go, sendo que o látex polímero é inicialmente misturado com a água  
 convencional. Antes da mistura definitiva, deve-se adequar o tra-  
 os equipamentos normais e as ferramentas similares aos do concreto  
 A argamassa e concreto polímeros são preparados utilizando-se

#### 4.4. MISTURA, MOLDAGEM E CURA

MATERIAIS	RELAÇÃO EM MASSA
Cimento Portland	1,0
Látex ( em sólidos)	0,15
Agregado miúdo	2,0 a 2,7
Agregado graúdo	1,6 a 2,8
Água	0,36 a 0,45

Tabela 4.4. - Traços típicos de concreto de cimento e polímero(78)

Geralmente a argamassa e o concreto de cimento e polímero tem boa trabalhabilidade, e isto se deve à ação das partículas do látex que agem como esteras, produzindo um efeito plastificante, o que permite uma redução da água de amassamento. Os agentes antiespumantes utilizados evitam uma excessiva incorporação de ar que é consequência da presença de agentes de superfície necessários para

### 5.1.1. CONSISTÊNCIA

#### 5.1. PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

O concreto polímero é produto da associação de um composto inorgânico cimento e um composto orgânico látex polímero e tem uma estrutura definida que consiste no gel de cimento e as microfibras do polímero. Consequentemente as propriedades do cimento e polímero são notadamente incrementadas quando utilizamos como parâmetro o concreto convencional. As propriedades do concreto fresco e do endurecido são influenciadas por uma multiplicidade de fatores, tais como, o látex polímero utilizado, a proporção polímero/cimento, a relação água/cimento, condições de cura entre outros.

#### 5. PROPRIEDADES DO CONCRETO DE CIMENTO E POLÍMERO

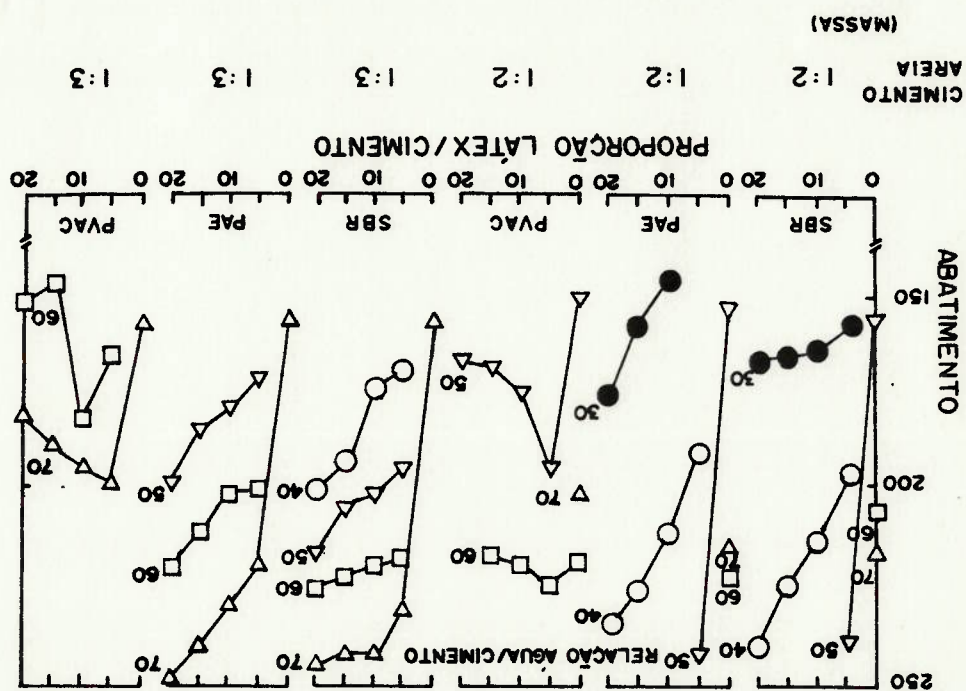
Com relação a cura, enquanto no concreto convencional a condição ideal é a umidade durante longo período, no concreto de cimento e polímero, devido a formação de um filme na superfície que retém a umidade interna para garantir a hidratação contínua do cimento e geralmente, necessário um dia de cura úmida. Resultados melhores são obtidos quando após aquela cura úmida, o concreto for mantido ao ar a temperatura de 15°C a 27°C (81).



Na maioria das argamassas e concretos de cimento e polímero existe uma considerável incorporação de ar. Uma excessiva incorporação de ar causa uma redução na resistência à compressão e precisa ser controlada utilizando-se agentes anti-espumantes. Os látex já estão sendo comercializados com esses agentes e como consequência o ar incorporado na maioria das argamassas com polímero é da ordem de 5% a 20% e nos concretos de cimento e polímero é menor que 2%, quase a mesma proporção de um concreto convencional. Esta diferença

### 5.1.2. AR INCORPORADO

Figura 5.1. - Efeitos da relação água/cimento e proporção látex/cimento em argamassas modificadas (83).



estabilizar o látex (82). A figura 5.1. (83) apresenta os efeitos de diferentes relações água/cimento e da proporção látex/cimento com alguns tipos de látex.

renga de ar incorporado do concreto para a argamassa com látex é provavelmente causada pela dificuldade de entrada de ar no concreto onde existem as agregados graúdos. Esta tendência é evidenciada nas figuras 5.2. ( 84 ) e 5.3. (85).

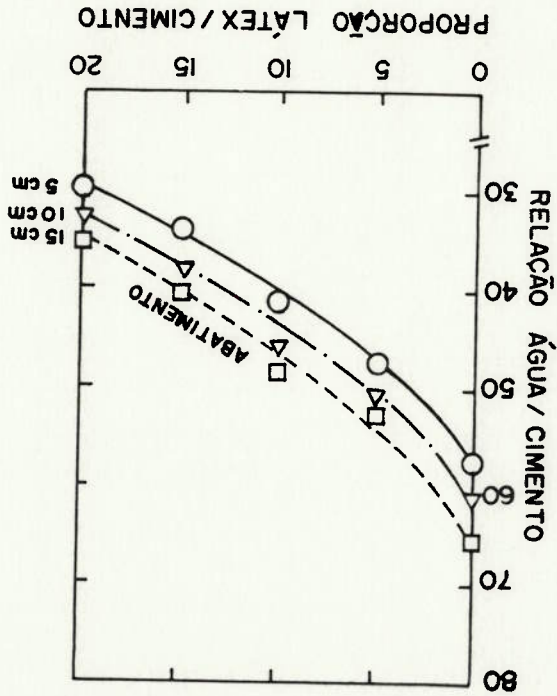


Figura 5.2. - Efeitos da proporção látex.cimento e a relação água/cimento em concreto com cimento e látex estiré

no-butadieno (84).

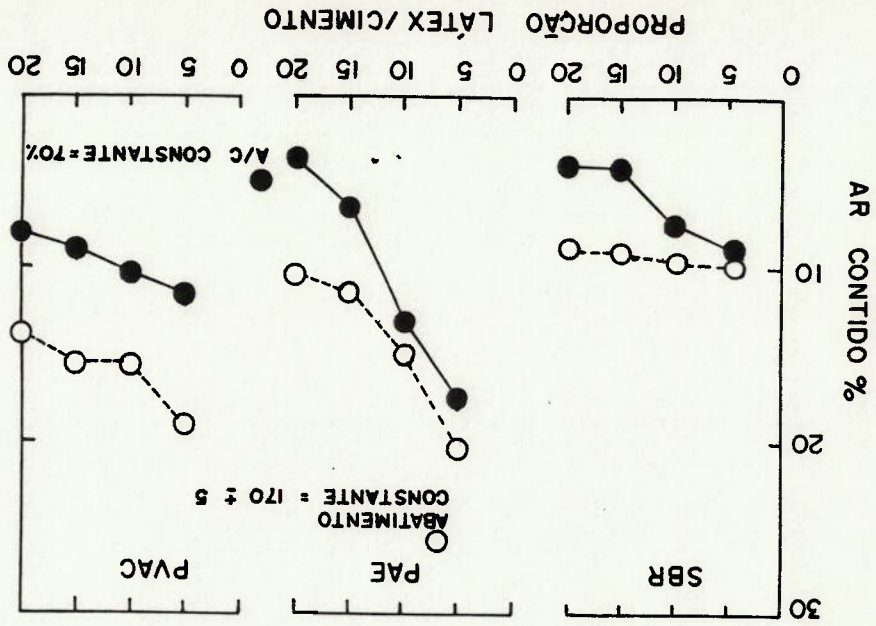


Figura 5.3. Proporção látex/cimento versus ar contido em argamas-  
sa de cimento e polímero (85).

### 5.1.3. TEMPO DE PEGA

Geralmente o tempo de pega da argamassa e concreto de cimento e polímero é maior do que nos concretos convencionais e isto é

função do tipo de látex utilizado, bem como da proporção polímero cimento. As figuras 5.4. (86) e 5.5. (83) demonstram este comportamento na argamassa e concreto modificados com látex.

O tempo de pega é aumentado com o incremento da proporção polímero-cimento, sendo que isto não causa problemas nas aplicações práticas. A borracha natural (NR) é o látex, que mais retarda o tempo de pega e os estudos reológicos efetuados por Zivica (87), revelaram que a hidratação do cimento é inibida pelo agente de superfície presente no látex.

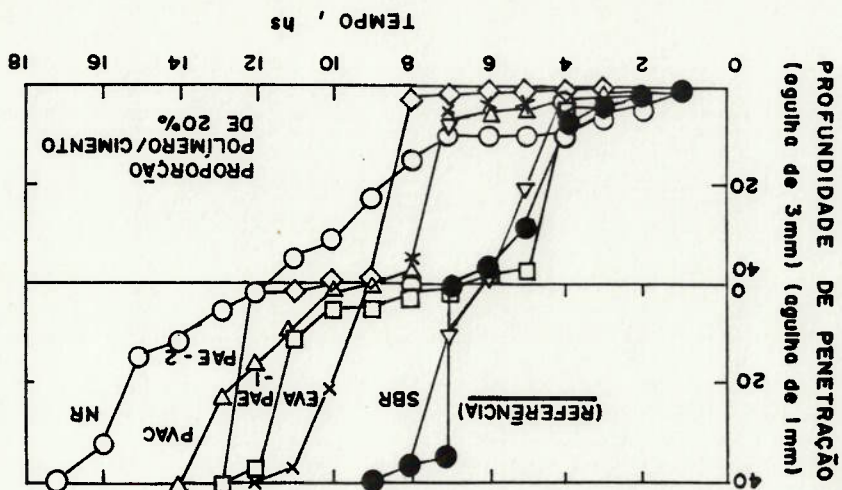


Figura 5.4. - Tempo de pega entre diferentes argamassas de cimento e polímero (86).



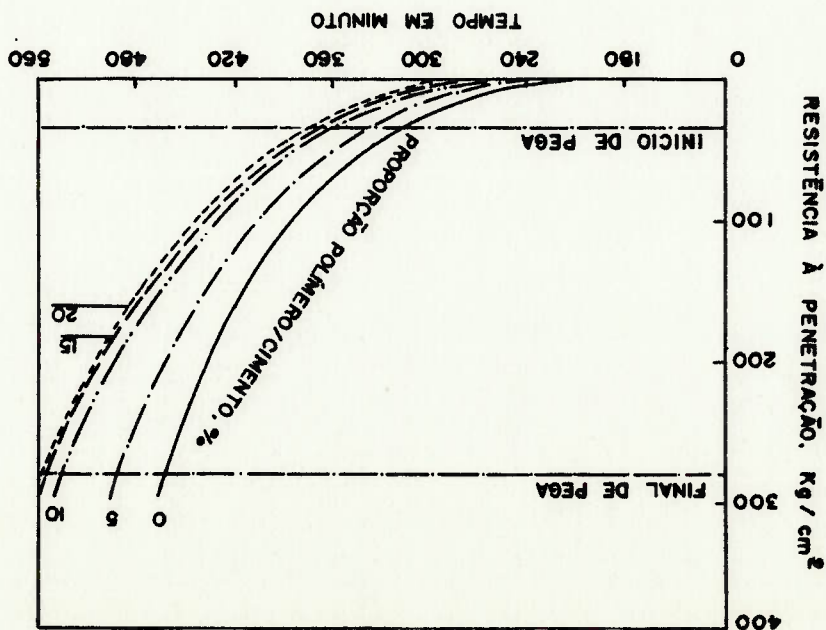
A resistência à compressão é muito influenciada pelo teor e tipo de látex utilizado, bem como pela quantidade de monômeros que formam o copolímero. Ohama (36), estudou os efeitos da proporção de monômero no látex de estireno-butadieno (SBR) e látex de poliacetato de vinila-etileno (EVA) em argamassa de cimento e polímero, como podemos ver na figura 5.6. (88). A proporção de monômero tem a mesma influência que a relação polímero-cimento. O melhor desempenho do látex de poliacetato de vinila-etileno (EVA) é obtido com a proporção de 13% de etileno, com a argamassa de cimento e látex estireno-butadieno, o desempenho melhora com o aumento da proporção de estireno.

### 5.2.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

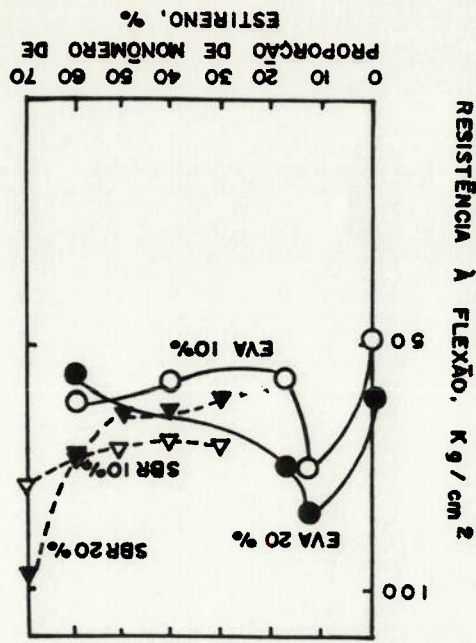
## 5.2. PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

tireno-butadieno com concreto polímero(83).

Figura 5.5. - Tempo de pega para diferentes proporções de látex es



A resistência à flexão em argamassas e concretos de cimento e polímero são sempre maiores do que as de um concreto convencional e novamente podemos observar uma grande influência do tipo e da relação látex/cimento utilizados (89). Na figura 5.7. (88) podemos observar este comportamento.



### 5.2.2. RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Figura 5.6. - Efeito da proporção de monômero de argamassas de cimento e polímero (88).

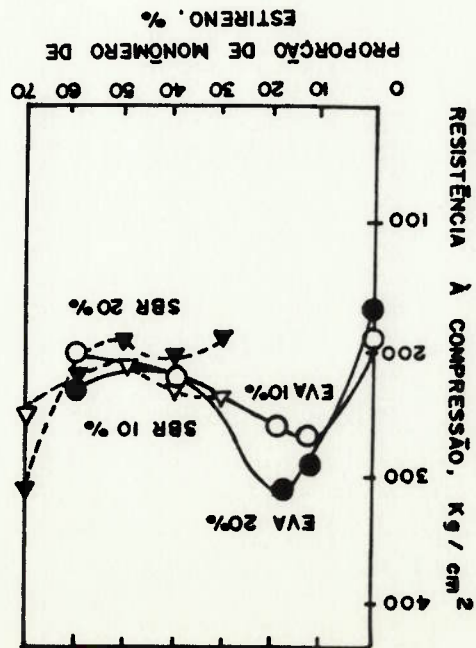


Figura 5.7. - Efeito da proporção de monômero em argamassa de cimento e polímero.

5.2.3. MÓDULO DE ELASTICIDADE

De um modo geral, o módulo de elasticidade da argamassa e concreto de cimento e polímero, corresponde a 80% do módulo de elasticidade do concreto convencional feito com os mesmos materiais

(89).

No concreto comum, o módulo de elasticidade não pode ser

variado extensivamente uma vez definido o agregado. Ao contrário, na argamassa e concreto de cimento e polímero, as deformações podem ser razoavelmente alteradas pela quantidade e tipo de polímero utilizado (90). Podemos observar na figura 5.8 (91) que o valor do módulo de elasticidade decresce com o aumento do teor de látex e para uma mesma proporção, varia com o tipo de látex.

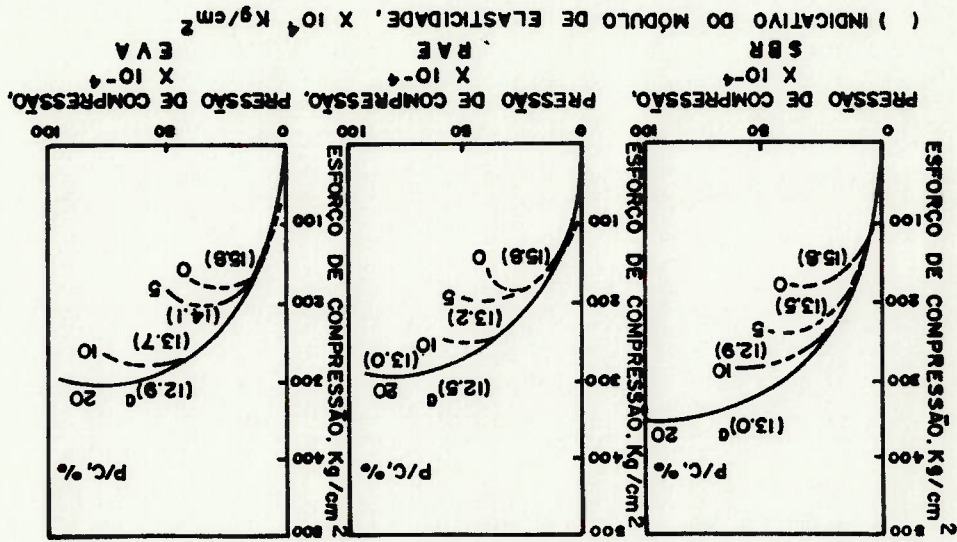


Figura 5.8. - Valores do módulo de elasticidade em argamassas de cimento e polímero (91).



### 5.2.4. RETRAÇÃO

A retração na argamassa e concreto de cimento e polímero também varia de acordo com o polímero e a relação polímero/cimento utilizados.

Podemos observar na figura 5.9. (92) a retração em argamassas modificadas com diferentes látex.

A retração tende a ser menor com o incremento da proporção látex-cimento, sendo que o acetato de polivinila (PVAC), a borra-cha natural (NR) e o polícloropreno (CR) tem retrações maiores comparadas à argamassa sem látex. A retração na argamassa de látex de acetato de polivinila (PVAC) é provavelmente causada pela evaporação de grande parte da água do látex (93).

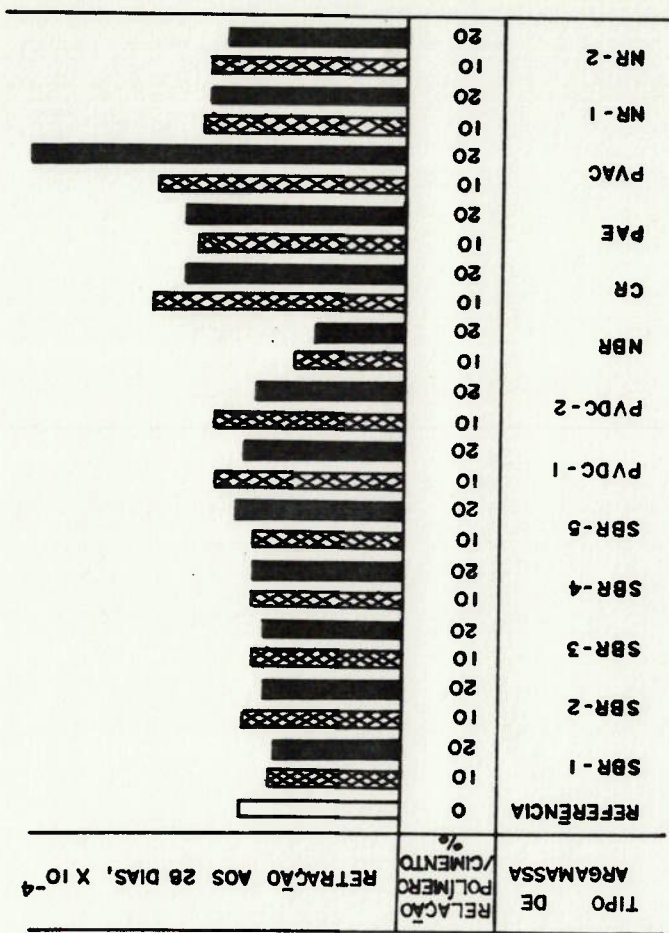


Figura 5.9. - Valores comparativos de retração entre argamassas de cimento e polímero (92).

5.2.5. ABSORÇÃO DE ÁGUA

A argamassa e o concreto de cimento e polímero tem uma estrutura em que os vazios existentes podem ser preenchidos pelo látex ou selados por um filme contínuo. De maneira geral o efeito selante do látex aumenta com uma maior relação polímero-cimento, este fato é refletido na baixa absorção de água da argamassa ou concreto de cimento e polímero quando comparado ao concreto convencional (94).

A figura 5.10 (95) demonstra a correlação do tempo de imersão em água e a proporção polímero-cimento versus a absorção de água em argamassa com látex.

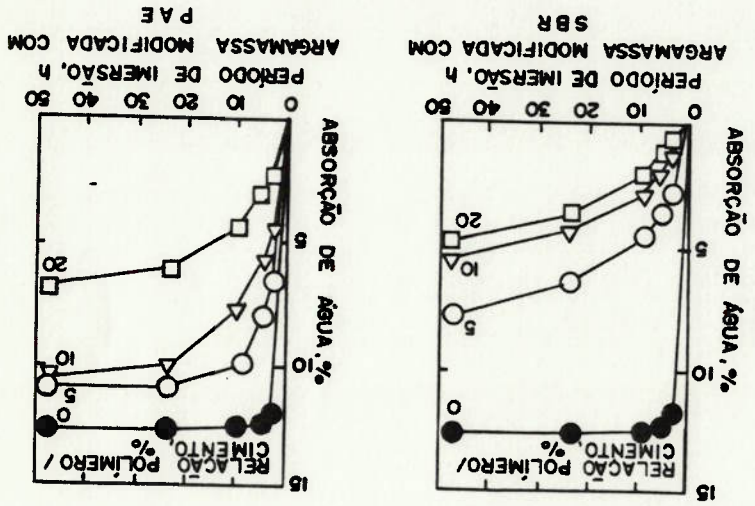


Figura 5.10 - Absorção de água em argamassas de cimento e políme

5.2.6. RESISTÊNCIA À ABRASÃO

A resistência à abrasão na argamassa e concreto de cimento e polímero depende do tipo de polímero e da relação polímero-cimento utilizados, tendo de maneira geral um excelente desempenho quando comparados aos concretos convencionais (96).  
 A tabela 5.1. (97) apresenta resultados de abrasão comparando uma argamassa modificada com látex que foi curada na condição seca e argamassa de cimento Portland em cura úmida.

Tabela 5.1. - Resistência à abrasão de argamassa de cimento e polímero (97).

Tipo de polímero	Polímero sólido (%)	Relação água/cimento (em massa)	Perda de massa (g)
Sem polímero	0	0,5	200
Copolímero de propionato (PVP)	10 15 20	0,5 0,5 0,5	146 97 53

5.2.7. RESISTÊNCIA A AGENTES QUÍMICOS

A resistência química da argamassa e concreto modificados com látex é função do tipo de polímero, relação polímero-cimento e da natureza dos agentes químicos.



6. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

TIPO DE SOLUÇÃO QUÍMICA		TIPO DE ARGAMASSA		TIPO DE ARGAMASSA		TIPO DE ARGAMASSA	
C	REF.	C	REF.	C	REF.	C	REF.
5	-38,8	5	-44,4	5	-43,8	5	-46,9
5	-62,6	5	-80,9	5	-64,1	5	-87,3
5	-87,7	5	-82,9	5	-76,6	5	-84,4
5	-76,7	5	-77,8	5	-89,1	5	-78,1
5	-48,4	5	-52,8	5	-39,1	5	-53,1
5	-59,5	5	-46,4	5	-48,4	5	-57,8
5	-33,3	5	-27,0	5	-31,3	5	-28,1
6	-61,0	6	-58,9	6	-60,9	6	-26,6
5	-66,7	5	-56,1	5	-56,6	5	-43,8
5	-	5	-42,1	5	-	5	-6,3
5	-	5	-	5	-	5	-
10	-52,5	10	-42,5	10	-68,8	10	-62,5
5	-	5	-	5	-	5	-25,0
5	-	5	-	5	-	5	-
20	-72,6	20	-59,2	20	-79,7	20	-73,4
45	-13,0	45	-	45	0,0	45	0,0
50	2,4	50	-1,6	50	0,0	50	0,0
100	7,4	100	2,4	100	0,0	100	68,8
-	8,3	-	1,6	-	0,0	-	1,6
-	7,5	-	1,6	-	0,0	-	15,6
-	2,3	-	1,6	-	0,0	-	0,0
-	0,8	-	0,8	-	0,0	-	0,0
-	0,9	-	0,9	-	0,0	-	0,0

mero (100).

Tabela 5.2. - Resistência química de argamassas de cimento e poli

de algumas argamassas de cimento e polímeros.

A tabela 5.2. (100), apresenta dados de resistência química

maioria dos solventes orgânicos (99).

temos um bom desempenho tanto aos ácidos e aos álcalis, quanto a

solventes orgânicos e com o látex policloreto de vinilideno (PVDC)

tes aos ácidos e aos álcalis, mas poderão ser atacados por alguns

Ao contrário, o látex estireno-betadieno (SBR) são resisten

mas são estáveis com relação aos solventes orgânicos (98).

polivinila (PVAC) não resistem muito bem aos ácidos e álcalis,

Assim concretos de cimento Portland com látex de acetato de

O desenvolvimento experimental para verificar o comportamento do concreto de cimento e polímero foi baseado em materiais disponíveis no mercado brasileiro e que apresentaram as seguintes características:

6.1.1. CIMENTO

O cimento utilizado é o Portland comum CP 32 e foi caracterizado conforme a especificação NBR 5732 (101), da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, cujos resultados encontram-se na tabela 6.1.

Tabela 6.1. Características físicas do cimento

3,4	Finura-Resíduo na peneira de 0,075 mm(%)
24,9	Água para pasta normal (% em peso de cimento )
2h40mn	Início de pega ( H: Min.)
	Expansibilidade Le Chatelier
0,0	- a quente (mm)
3,10	Massa específica ( g/cm <sup>3</sup> )
352	Superfície específica Blaine ( m <sup>2</sup> /Kg )
	Resistência à Compressão ( Mpa )
26,8	Idade: 3 dias
32,8	7 dias
41,6	28 dias

6.1.2. AGREGADO MIÚDO

A areia utilizada foi ensaiada conforme a especificação NBR -

7211 (102) da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e os resultados encontram-se nas tabelas 6.2, 6.3.

Tabela 6.2. - Composição granulométrica do agregado miúdo.

ABERTURA	PENEIRA (mm)	MASSA RETIDA (g)			PORCENTAGEM RETIDA	
		1º det.	2º det.	Média	indiv.	Acumulada
76						
50						
38						
32						
25						
19						
12,5						
9,5						
6,3						
4,8	0	0	0	0	0	0
2,4	41,2	50,4	45,8	5	5	5
1,2	154,3	157,3	145,8	15	15	20
0,6	329,6	348,8	339,2	34	34	54
0,3	331,2	314,4	322,6	32	32	86
0,15	111,4	92,3	101,8	10	10	96
<0,15	52,1	37,0	44,6	4	4	- 100
TOTAL	999,8	999,9	999,8	100	100	261

D. Max.: 2,4 mm

Mod. Fínura: 2,61



Tabela 6.3. - Massa unitária, massa específica e absorção de água mudo.

DETERMINAÇÃO	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Massa unitária	NBR - 7810 (103)	Kg/dm <sup>3</sup>	1,39
Massa específica do agregado seco	ASTM C-128 (104)		2,63
Aborção de água	ASTM C-128	%	0,67

### 6.1.3. AGREGADOS GRAÚDOS

Os agregados graúdos utilizados foram ensaiados conforme a especificação na NBR - 7211 da Associação Brasileira de Normas Técnicas e os resultados encontram-se nas tabelas de n.ºs. 6.4 a 6.9.

Tabela 6.4. - Massa unitária, massa específica e absorção de agregado graúdo A.

DETERMINAÇÃO	NORMA	UNIDADE	RESULTADOS
Massa unitária	NBR-7810	Kg/dm <sup>3</sup>	1,46
Massa específica do agregado seco	ASTM C-127 (106)	---	2,67
Aborção de água	ASTM C-127	%	0,55

Tabela 6.5. - Composição granulométrica do agregado grauado A, com  
 forme NBR - 7217 ( 105 ).

ABERTURA PENETRA ( mm )	MASSA RETIDA ( g )				PORCENTAGEM RETIDA	
	1ª det.	2ª det.	Média	indiv.	Acumulado	
76						
50						
38						
32						
25						
19	0,0	0,0	0	0	0	
12,5	0,0	3,0	1,5	0	-	0
9,5	395,0	68,0	51,5	1	1	-
6,3	1124,0	2234,0	1679,0	34	-	35
4,8	1940,0	1453,0	1696,5	34	69	-
2,4	1726,0	1193,0	1459,5	29	98	-
1,2	126,0	30,0	78,0	2	100	-
0,6	20,0	3,0	11,5	0	100	-
0,3	5,0	2,0	3,5	0	100	-
0,15	3,0	2,0	2,5	0	100	
> 0,15	12,0	9,0	10,5	0	-	100
Total	4991,0	4997,0	4994,0	100	568	-

D. Max.: 9,5 mm

Mod. Finura: 5,68

Tabela 6.6. - Composição granulométrica do agregado graúdo B, conforme NBR 7217

ABERTURA PENEIRA (mm)	MASSA RETIDA (g)			PORCENTAGEM RETIDA
	1ª det.	2ª det.	Média	
76				
50				
38				
32				
25				
19	58,0	26,0	42,0	0
12,5	4414,0	4457,0	4435,5	4445
9,5	3488,0	3431,0	3459,5	35
6,3	1815,0	1862,0	1838,5	18
4,8	169,0	164,0	166,5	2
2,4	16,0	20,0	18,0	0
1,2	8,0	5,0	6,5	0
0,6	3,0	4,0	3,5	0
0,3	3,0	2,0	2,5	0
0,15	10,0	7,0	8,5	0
< 0,15	11,0	19,0	15,0	0
Total	9995,0	9997,0	9996,0	100
				680

D. Max.: 19,0 mm

Mod. Fínura: 6,80



Tabela 6.7. - Massa unitária, massa específica e absorção do agregado grau B.

DETERMINAÇÃO	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Massa unitária	NBR -7810	Kg/dm <sup>3</sup>	1,47
Massa específica	ASTM C427	-	2,68
do agregado seco			
Absorção de água	ASTM C427	%	0,5

Tabela 6.8. - Massa unitária, massa específica e absorção do agregado grau C.

DETERMINAÇÃO	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Massa unitária	NBR -7810	Kg/dm <sup>3</sup>	1,51
Massa específica	ASTM C427	-	2,70
do agregado seco			
Absorção de água	ASTM C-127	%	0,38

Tabela 6.9. - Composição granulométrica do agregado graúdo C, Conforme NBR 7217

ABERTURA PENETRA (mm)	MASSA RETIDA (g)			PORCENTAGEM RETIDA	
	1ª det.	2ª det.	Média	Indiv.	Acumulada
76					
50					
38					
32	0	0	0	-	0
25	72,0	85,0	78,5	1	1
19	7090,0	7711,0	7348,5	49	50
12,5	7520,0	6941,0	7278,5	48	98
9,5	292,0	200,0	240,0	2	100
6,3	37,0	45,0	41,0	0	-
4,8	3,0	7,0	5,0	0	100
2,4	1,0	3,0	2,0	0	100
1,2	1,0	1,0	1,0	0	100
0,6	0,0	1,0	0,5	0	100
0,3	1,0	1,0	1,0	0	100
0,15	2,0	1,0	1,5	0	100
< 0,15	1,0	3,0	2,0	0	100
Total	15000,0	14999,0	14999,5	100	750

D. Max.: 25mm

Mód. Finura: 7,5

## 6.2. PREPARAÇÃO DOS CONCRETOS

DETERMINAÇÃO	NORMAS	UNIDADE	RESULTADO
Teor de Sólidos	NBR8728 (107)	%	48
Ph	ASTM-E 70 (108)	-	10,5
Tensão Superficial a 25°C	NBR 9669 (109)	DINAS/CM <sup>2</sup>	32
Massa específica a 25°C	NBR 5829 (110)	Kg/dm <sup>3</sup>	1,01

(SBR).

Tabela 6.10. - Características físicas do látex estireno-butadieno

tabela 6.10.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, conforme resultados da  
 cional com as seguintes características aferidas em ensaios da  
 Emulsão de látex de estireno-butadieno (SBR) de fabricação na

### 6.1.5. LÁTEX

de São Paulo.

Foi utilizada água potável, do abastecimento normal da cidade

### 6.1.4. ÁGUA



#### 6.2.1. - DOSAGENS

Foram preparados 9 concretos de referência, ou seja, com 0% de látex estireno-butadieno e as dosagens estão na tabela 6.11. Foram preparados 18 concretos modificados com látex estireno-butadieno e as dosagens estão nas tabelas 6.12 e 6.13.

#### 6.2.2. - MISTURA, MOLDAGEM E CURA

Os materiais foram misturados em betoneira de eixo vertical a temperatura de 23°C ± 2°C durante cerca de 20 minutos e umidade relativa entre 55% a 65%.

A introdução dos materiais na betoneira obedeceu a seguinte

ordem:

a) látex estireno-butadieno;

b) metade água de amassamento;

c) agregado miúdo;

d) agregado graúdo;

e) cimento;

f) o restante da água de amassamento.

Foram moldados 820 copos de prova dos concretos na forma prismática e cilíndrica, de acordo com a NBR 5738. (112)

Os corpos de prova dos concretos de referência, foram curados durante 28 dias em câmara úmida, umidade relativa superior a 95%

e temperatura de 23°C ± 2°C.

Os corpos de prova com adição de 10% e 20%, em massa de estireno-butadieno, em relação à massa de cimento, foram curados durante 24 horas em câmara úmida e o restante dos 27 dias foram mantidos

TABELA 6.11 - DOSAGENS DOS CONCRETOS DE REFERENCIA

D. MAX. CARACTERISTICA DO AGREGADO GRAUDDO	25 mm			19 mm			9,5 mm		
	TRACO								
CIMENTO - Kg/m <sup>3</sup>	320	380	450	320	380	450	320	380	450
ÁGUA - L/m <sup>3</sup>	183	183	184	194	194	194	216	217	216
AGREGADO MIUDDO - Kg/m <sup>3</sup>	765	710	643	790	737	671	822	768	703
AGREGADO GRAUDDO - Kg/m <sup>3</sup>	1.129	1.133	1.139	1.068	1.072	1.080	973	976	982
FATOR A/C	0,57	0,48	0,41	0,61	0,51	0,43	0,68	0,57	0,48

TABELA 6.12 - DOSAGENS DOS CONCRETOS COM ADIÇÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO, EM MASSA

D. MÁX. CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAUADO	25 mm			19 mm			9,5 mm		
	TRAÇO								
CIMENTO - Kg/m <sup>3</sup>	1: 2.49 : 3.63	1: 1.93 : 3.05	1: 1.46 : 2.59	1: 2.51 : 3.39	1: 2.02 : 2.90	1: 1.57 : 2.47	1: 2.57 : 3.06	1: 2.07 : 2.60	1: 1.62 : 2.24
ÁGUA - L/m <sup>3</sup>	320	390	450	320	390	450	320	360	450
LÁTEX - Kg/m <sup>3</sup>	120	127	122	144	134	126	163	169	155
AGREGADO MIÚDO - Kg/m <sup>3</sup>	32	36	45	32	38	45	32	38	45
AGREGADO GRAUADO - Kg/m <sup>3</sup>	797	734	668	811	767	705	823	786	727
FATOR A / C	1.160	1.160	1.164	1.095	1.103	1.110	0.978	0.989	1.006
	0.40	0.33	0.27	0.45	0.35	0.28	0.57	0.44	0.34



TABELA 6.13 - DOSAGENS DOS CONCRETOS COM ADIÇÃO DE  
20% DE ESTIRENO-BUTADIENO, EM MASSA

D.MÁX. CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAUDDO	25 mm		19 mm				9,5 mm											
	TRAÇO																	
CIMENTO - Kg/m <sup>3</sup>	1 : 2.46 : 3.61	320	1 : 1.92 : 3.03	380	1 : 1.44 : 2.54	450	1 : 2.54 : 3.40	320	1 : 1.99 : 2.88	380	1 : 1.52 : 2.43	450	1 : 2.61 : 3.08	320	1 : 2.08 : 2.62	380	1 : 1.63 : 2.24	450
ÁGUA - L/m <sup>3</sup>	103	96	94	94	117	105	105	117	105	105	97	97	145	145	128	128	109	109
LÁTEX - Kg/m <sup>3</sup>	64	76	76	90	64	76	64	64	76	64	90	90	64	64	76	76	90	90
AGREGADO MIUDO - Kg/m <sup>3</sup>	788	728	728	649	812	756	812	686	756	686	686	686	834	834	790	790	735	735
AGREGADO GRAUDDO - Kg/m <sup>3</sup>	1.155	1.153	1.153	1.144	1.088	1.094	1.088	1.088	1.094	1.088	1.092	1.092	985	985	996	996	1.006	1.006
FATOR A/C	0.32	0.25	0.25	0.21	0.37	0.28	0.37	0.37	0.28	0.37	0.22	0.22	0.45	0.45	0.34	0.34	0.24	0.24

Este ensaio está de acordo com o norma NBR-7223(114). e os resultados apresentados na tabela 6.14. correspondem a expectativa

### 6.3.1. CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE

Consistência, podem diferir muito na trabalhabilidade. Já que com o látex estireno-butadieno, concretos com a mesma consistência de fluidez dos concretos, bem como o estado de umidade O termo utilizado nesta pesquisa, consistência, significa a resistência para produzir adensamento total. Como o atrito interno é uma propriedade intrínseca da mistura, a trabalhabilidade pode ser definida como o trabalho interno utilizado para produzir adensamento total. Como o atrito interno é uma propriedade intrínseca da mistura, e a superfície da forma (113). as partículas que constituem o concreto e também entre o concreto O processo é realizar o trabalho para superar o atrito entre -butadieno. esta sendo adensado, principalmente com a adição do látex estireno Entretanto é preciso considerar o que ocorre quando o concreto aplicação e a resistência à segregação. do concreto, podemos dizer que trabalhabilidade é a facilidade de Em uma definição muito simplista desta propriedade essencial com a trabalhabilidade dos concretos utilizados. O objetivo básico destes ensaios está diretamente relacionado

### 6.3. PROPRIEDADES DO CONCRETO DE CIMENTO E POLÍMERO FRESCO

nas condições termo-higrométricas normais do laboratório, salvo em casos específicos em que foi necessário para atingir-se o objetivo dos ensaios, uma modificação desta condição.

teórica do comportamento do concreto modificado com latex estireno - butadieno, ou seja, uma maior fluidez com uma menor quantidade de água.

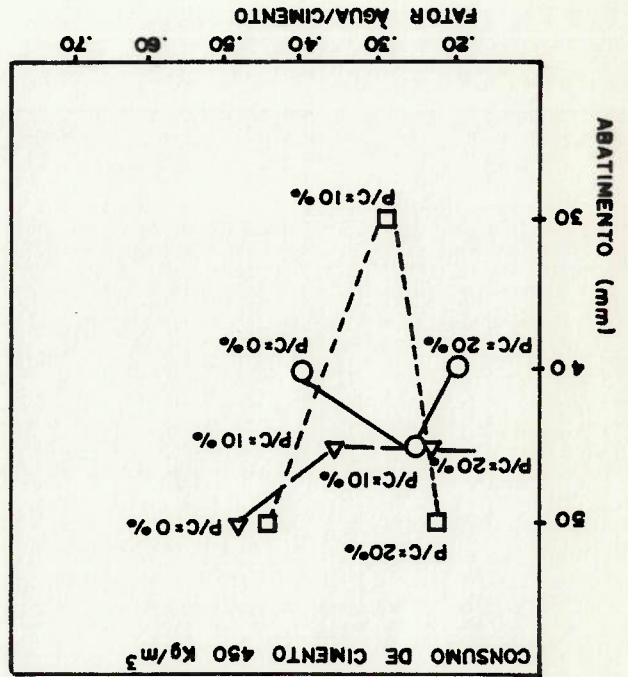
Com uma relação água/cimento significativamente menor, foi conseguido um abatimento dentro da faixa de uso recomendada para pisos industriais e pavimentos e em alguns casos chegou-se praticamente a substituir a água que seria utilizada normalmente. Na figura 6.1. podemos observar este comportamento.

Tabela 6.14. - Resultados do ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme NBR - 7223.

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA DO AGRÉGADO (mm)	CARACTERÍSTICA CIMENTO	CONSUMO DE CIMENTO (Kg/m <sup>3</sup> )	FATOR A/C	ABATIMENTO (mm)
ADICÇÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO	9,5	320 380 450	320 380 450	0,45	30 45 45
				0,34	30 45 45
				0,24	30 45 45
	19	320 380 450	320 380 450	0,37	50 50 50
				0,28	50 50 50
				0,22	50 50 50
	25	320 380 450	320 380 450	0,32	35 50 40
				0,25	35 50 40
				0,21	35 50 40
ADICÇÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO	9,5	320 380 450	320 380 450	0,57	45 40 45
				0,44	45 40 45
				0,36	45 40 45
	19	320 380 450	320 380 450	0,46	45 40 45
				0,35	45 40 45
				0,27	45 40 45
	25	320 380 450	320 380 450	0,40	45 40 45
				0,33	45 40 45
				0,27	45 40 45
REFERÊNCIA	9,5	320 380 450	320 380 450	0,68	35 35 50
				0,57	35 35 50
				0,48	35 35 50
	19	320 380 450	320 380 450	0,61	35 40 50
				0,51	35 40 50
				0,43	35 40 50
25	320 380 450	320 380 450	0,57	35 35 40	
			0,48	35 35 40	
			0,41	35 35 40	

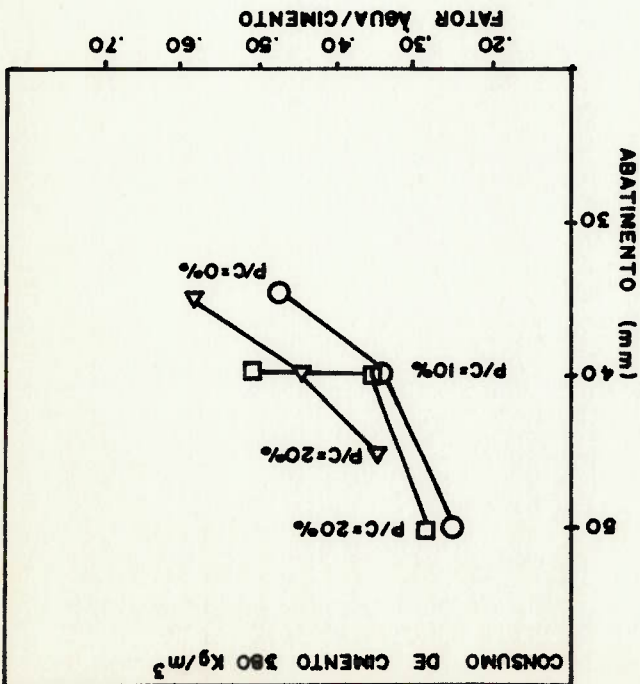
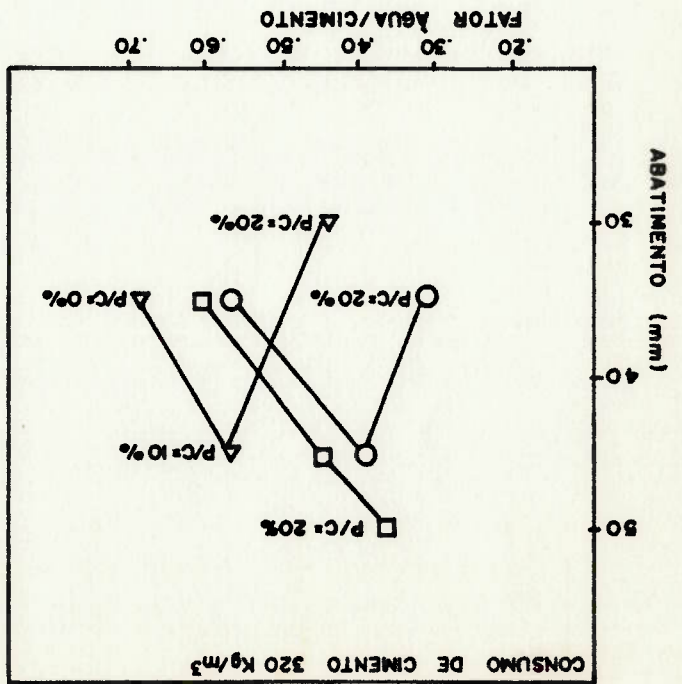


Figura 6.1 - Efeitos da relação polímero/cimento e fator água/cimento na consistência pelo abatimento do tronco de cone em concretos modificados com latex estireno-butadieno (SBR).



**CONVENÇÃO**

- - AGRÉG. D MÁX. 25 mm
- - AGRÉG. D MÁX. 19 mm
- △ - AGRÉG. D MÁX. 9.5 mm



6.3.2. CONSISTÊNCIA PELA CAIXA DE WALTZ

Este ensaio é baseado na norma DIN 1048 (115) e o aparelho consiste em uma caixa metálica com 400 mm de altura e 200 mm de aresta na área plana.

O concreto misturado é colocado lentamente na caixa, sendo o excesso removido para então receber o adensamento com o uso de um vibrador de imersão, tomando-se o cuidado de não perder-se parte do concreto. Eventualmente, durante a vibração a superfície do concreto pode tornar-se convexa, o que deve ser nivelado antes da determinação da medida de compactação.

A medida da compactação é tomada como a medida de consistência utilizando-se a seguinte fórmula.

$$V = \frac{h}{400} = \frac{400-S}{400}$$

Onde "S" é a medida da distância entre a superfície do concreto to compactado e o topo da caixa metálica.

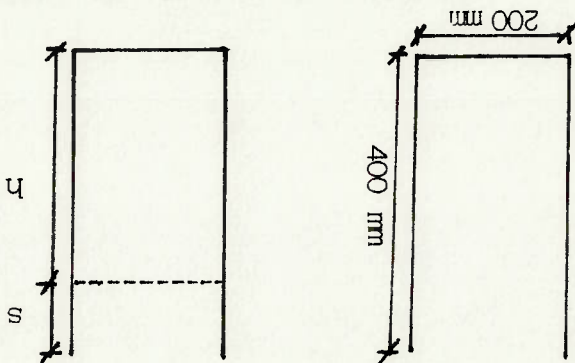


Figura 6.2. - Esquema da medida de compactação pela caixa de Walz

Os resultados do ensaio são apresentados na tabela 6.15 e os

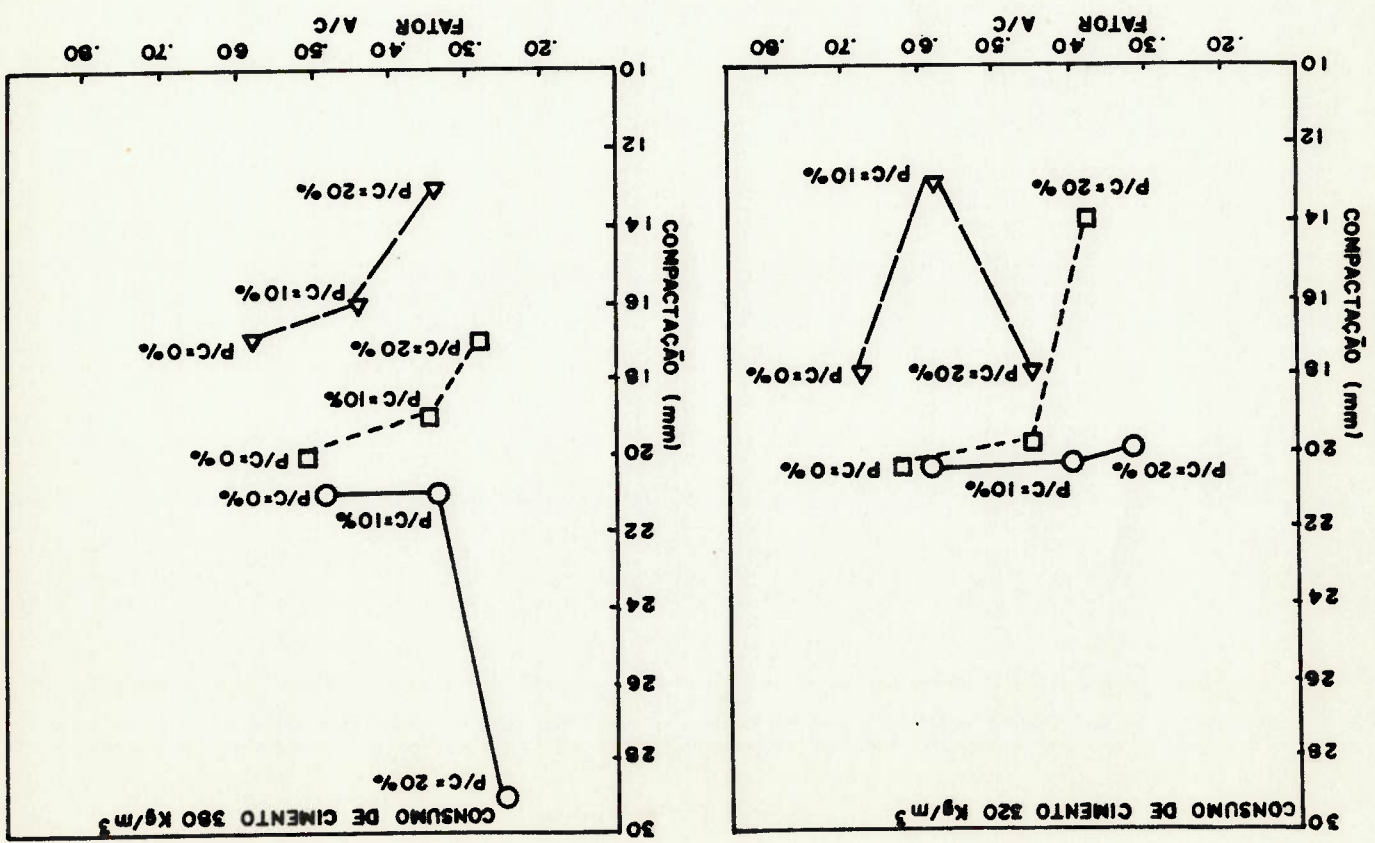
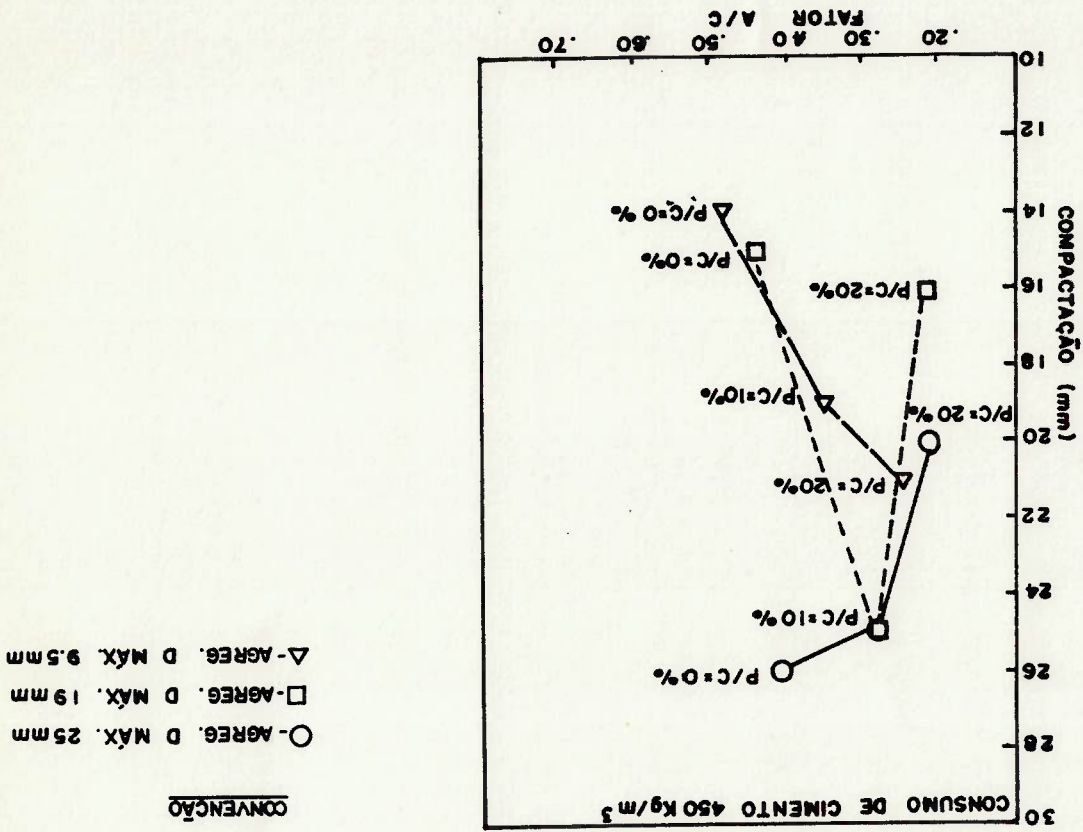
gráficos na figura 6.3.

Tabela 6.15. - Resultados do ensaio de consistência pela caixa de de Walz, conforme DIN 1048

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO ÁGREGADO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	FATOR A/C	WALZ (mm)
ADICÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO	9,5	320	0,45	1,18
		380	0,34	1,13
		450	0,24	1,21
	19	320	0,37	1,14
		380	0,28	1,17
		450	0,22	1,16
	25	320	0,32	1,20
		380	0,25	1,29
		450	0,21	1,20
ADICÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO	9,5	320	0,57	1,13
		380	0,44	1,16
		450	0,36	1,19
	19	320	0,46	1,19
		380	0,35	1,19
		450	0,28	1,25
	25	320	0,40	1,21
		380	0,33	1,21
		450	0,27	1,25
REFERÊNCIA	9,5	320	0,68	1,18
		380	0,57	1,17
		450	0,48	1,14
	19	320	0,61	1,21
		380	0,51	1,20
		450	0,43	1,15
	25	320	0,57	1,21
		380	0,48	1,21
		450	0,41	1,26



Figura 6.3 - Efeitos da relação polímero/cimento e fator água/cimento na consistência pela compactação na caixa de wälz em concretos modificados com estireno-butadieno.



### 6.3.3. CONSISTÊNCIA PELO APARELHO VEBE

Este ensaio é uma variante do ensaio de remoldagem baseado na norma BS-1881 (116), onde o adensamento é conseguido por vibrações em vez de golpes. A remoldagem é considerada completa quando a placa de vidro móvel estiver inteiramente coberta de concreto. Esta avaliação é visual, sendo o adensamento conseguido utilizando-se de uma mesa vibratória com uma massa excêntrica girando a 3000rpm e uma aceleração máxima de 3g a 4g. Admite-se que a energia fornecida e requerida para o adensamento seja uma medida de trabalhabilidade da mistura e isto é expresso em segundos-Vebe, ou seja, o tempo necessário para que a remoldagem seja completa.

Neste ensaio verificamos que existe uma relação inversamente proporcional do fator A/C e do tempo de remoldagem, sem que isto tenha provocado segregação dos concretos modificados com látex estireno-butadieno, como podemos observar os resultados do ensaio na tabela 6.16 e nos gráficos da figura 6.4.

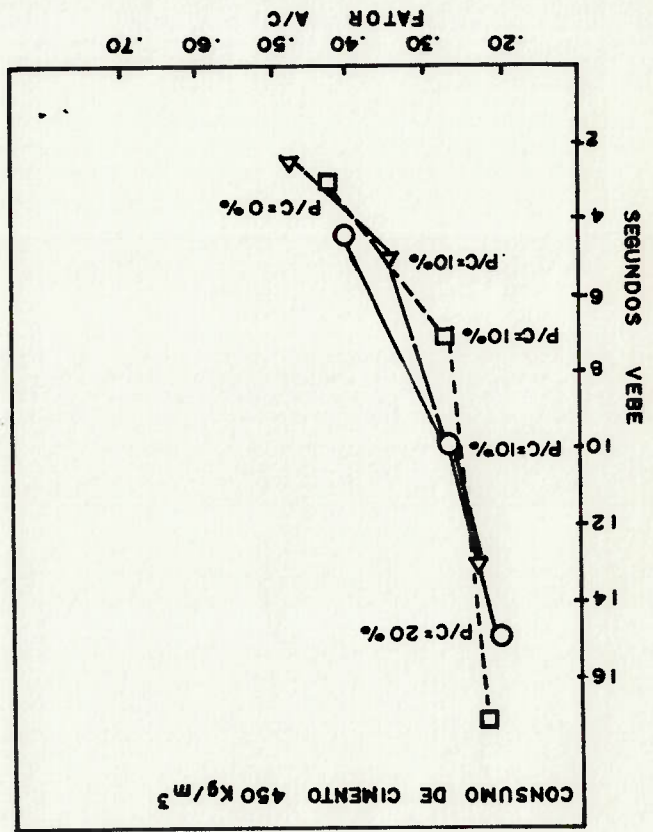
Tabela 6.16 - Resultados dos ensaios de consistência pelo aparelho

Vebe conforme BS -1881

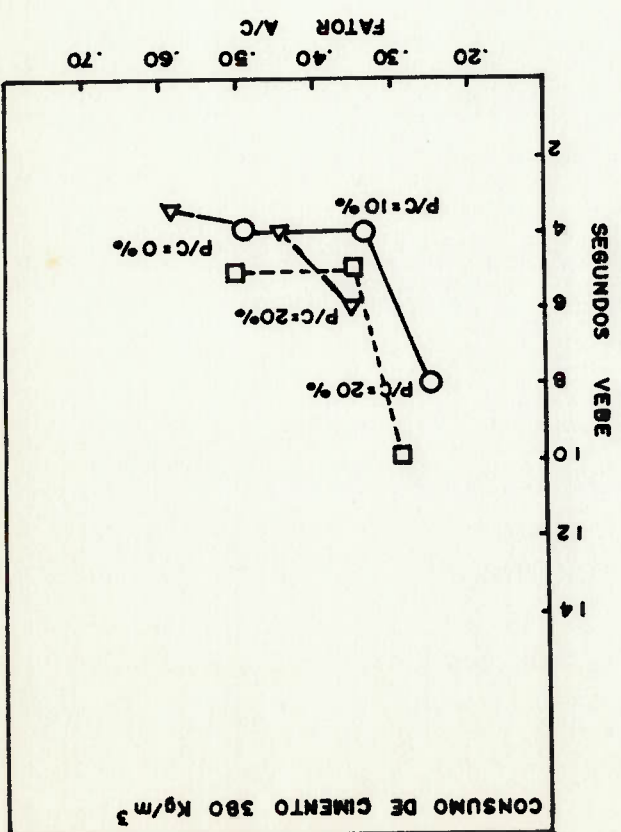
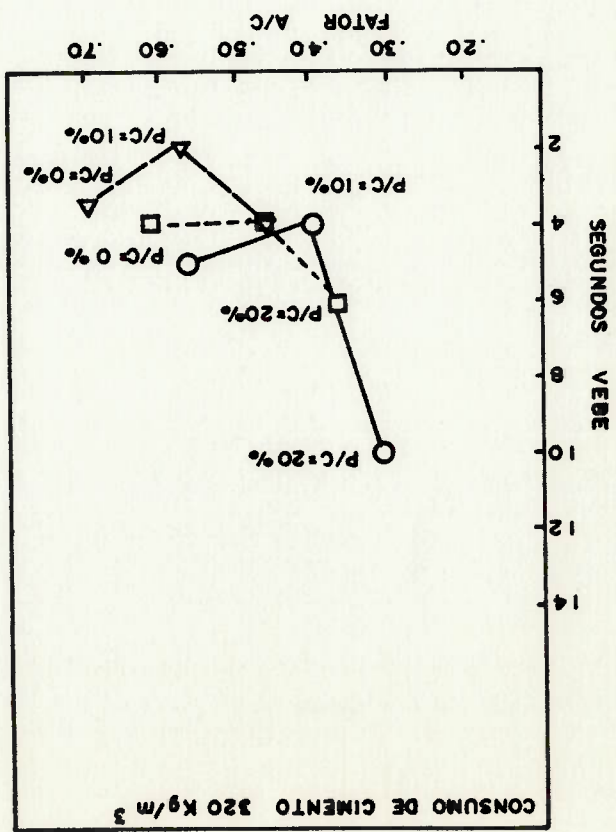
CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (Kg/m <sup>3</sup> )	FATOR A/C	VEBE (s)	
REFERÊNCIA	25	320 380 450	0,57 0,48 0,41	4,5 4,0 4,5	
	19	320 380 450	0,61 0,51 0,43	4,0 5,0 3,0	
	9,5	320 380 450	0,68 0,57 0,48	3,5 3,5 2,5	
	ADIÇÃO DE 10% ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	0,40 0,33 0,27	4,0 4,0 10,0
		19	320 380 450	0,46 0,35 0,28	4,0 5,0 7,0
		9,5	320 380 450	0,57 0,44 0,36	2,0 4,0 5,0
	ADIÇÃO DE 20% ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	0,32 0,25 0,21	10,0 8,0 15,0
		19	320 380 450	0,37 0,28 0,22	6,0 10,0 17,0
		9,5	320 380 450	0,45 0,34 0,24	4,0 6,0 13,0



Figura 6.4 - Efeitos da relação pólimero/cimento e fator água/cimento na consistência pelo aparelho Vebe em concretos modificados com estireno-butadieno (SBR)



CONVENÇÃO  
 ○ - AGREG. D. MÁX. 25 mm  
 □ - AGREG. D. MÁX. 19 mm  
 △ - AGREG. D. MÁX. 9.5 mm



6.3.4. MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE AR

Estes ensaios foram efetuados de acordo com a NBR - 9833(117) e os resultados estão apresentados na tabela 6.17.

Tabela 6.17 - Resultados do ensaio para determinação da massa específica e teor de ar, conforme NBR - 9833

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO ÁGREGADO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (Kg/m <sup>3</sup> )	MASSA ESPECÍFICA (Kg/cm <sup>3</sup> )	TEOR DE AR (%)	
REFERÊNCIA	25	320 380 450	2,39 2,43 2,43	0,4 0 0	
	19	320 380 450	2,39 2,41 2,41	0 0 0	
	9,5	2,34 380 450	0 2,36 2,35	0 0 0	
	ADIÇÃO DE 10% ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	2,40 2,44 2,45	0 0 0
		19	320 380 450	2,42 2,42 2,46	0 0 0
		9,5	320 380 450	2,39 2,36 2,39	0 0 0
	ADIÇÃO DE 20% ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	2,43 2,37 2,39	0 2,47 1,24
		19	320 380 450	2,47 2,42 2,39	0 0 0,8
		9,5	320 380 450	2,37 2,36 2,37	0,0 0,4 0,8

6.3.5. TEMPO DE PEGA

Este ensaio está de acordo com a NBR 9832(118) e podemos observar na tabela 6.18 que os resultados dos concretos modificados com latex estireno-butadieno atendem as faixas recomendadas para utilização em pisos e pavimentos.

Tabela 6.18. - Resultado do ensaio para determinação do tempo de

tempo de pega, conforme NBR 9832

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA DO ÁGREGADO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (Kg/m <sup>3</sup> )	INÍCIO DE PEGA (h:mim)	FIM DE PEGA (h:mim)
REFERÊNCIAS	25	320 380 450	5:25 4:50 4:00	7:25 6:15 5:30
	19	320 380 450	6:00 4:50 4:30	8:30 6:40 6:10
	9,5	320 380 450	6:25 5:45 5:00	9:15 7:50 6:50
	25	320 380 450	5:15 5:50 3:55	7:05 6:35 5:40
	19	320 380 450	6:35 5:25 5:20	9:25 7:20 6:50
	9,5	320 380 450	7:50 6:35 5:20	11:30 9:25 7:00
ADIÇÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	5:00 4:00 -	6:50 5:00 -
	19	320 380 450	5:20 4:45 --	7:15 6:30 --
	9,5	320 380 450	6:40 5:50 4:00	9:00 7:40 5:40



### 6.3.6. EXSUDAÇÃO

Este ensaio é baseado no ASTM C-232 (119) e utiliza um recipiente metálico cilíndrico de diâmetro interno de 25 cm e com altura de 28 cm que recebe o concreto em duas camadas de volumes iguais.

O adensamento é feito com um vibrador de imersão em 3 pontos diferentes de cada camada, sendo que no preenchimento da última camada, deixa-se um espaço de aproximada 2,5cm para permitir a coleta da água exsudada.

A superfície do concreto é nivelada com um desempenadeira metálica, anotando-se o horário e determinando-se a massa de concreto. A forma metálica é colocada em um local nivelado sobre uma placa de neoprene e coberta com uma placa de vidro quadrado com 26 cm de aresta para evitar a evaporação da água exsudada.

Água é retirada, inclinándose a forma, utilizando uma pipeta e um becker de 100 ml, onde anota-se a quantidade de água depois de cada transferência.

Este ensaio é realizado em sala climatizada e determina a quantidade total de água exsudada, com as seguintes fórmulas:

$$1) \text{ Exsudação, ml/cm}^2 = \frac{V_1}{A}$$

$V_1$  = Volume de água exsudada, ml

$A$  = Área de exposição do concreto, cm<sup>2</sup>

$$2) \text{ Exsudação, \%} = (D/C) \times 100$$

$$C = (W/W) \times S$$

$C$  = massa de água no corpo de prova, g

W = massa total da betona, g  
 w = massa de água da betonada descontando absorção dos agregados, g  
 S = massa da amostra, g  
 D = massa da água exsudada, g

Os resultados do ensaio estão apresentados na tabela 6.19

Tabela 6.19 - Resultados do ensaio para determinação da exsudação

conforme norma ASTM - C-232

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA DO ÁGREGADO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (Kg/m <sup>3</sup> )	EXSUDAÇÃO ml/cm <sup>2</sup>	EXSUDAÇÃO %
REFERÊNCIA	25	320 380 450	0,078 0,072 0,020	1,70 1,59 0,42
	19	320 380 450	0,101 0,098 0,083	2,09 1,94 1,61
	9,5	320 380 450	0,173 0,171 0,112	3,08 3,01 2,01
	25	320 380 450	0 0 0	0 0 0
	19	320 380 450	0 0 0	0 0 0
	9,5	320 380 450	0,009 0 0	0,244 0 0
ADIÇÃO 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	0 0 0	0 0 0
	19	320 380 450	0 0 0	0 0 0
	9,5	320 380 450	0 0 0	0 0 0
	25	320 380 450	0 0 0	0 0 0
	19	320 380 450	0 0 0	0 0 0
	9,5	320 380 450	0 0 0	0 0 0
ADIÇÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	0 0 0	0 0 0
	19	320 380 450	0 0 0	0 0 0
	9,5	320 380 450	0 0 0	0 0 0

Este ensaio está baseado na norma ASTM C-78 - Test for Flexural Strength of concrete (121) e para isto foram moldadas corpos de prova prismáticos de 15 x 15 x 50cm, de acordo com a NBR 5738

#### 6.4.1. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

As causas da deterioração podem ser físicas, mecânicas ou químicas, tais como, as intempéries, abrasão, ação eletrolítica e ataque de agentes agressivos naturais ou artificiais, que também se relacionam com outra importante propriedade que é a permeabilidade, esta sendo determinante da vulnerabilidade do concreto a agentes externos.

Os diversos ensaios efetuados objetivam avaliar o provável desempenho dos concretos, já que é essencial que eles resistam às solicitações a que foram projetados, sem deterioração, por muitos anos.

Entre as propriedades a mais usual é da resistência à compressão, em parte por ser de fácil execução e em parte porque algumas das características do concreto estão quantitativamente relacionadas a esta propriedade, entretanto com relação a pisos e pavimentos, a resistência à tração na flexão é preponderante na avaliação do comportamento dos concretos (120).

As condições de idade e umidade ambiente são importantes para a avaliação das propriedades do concreto endurecido e por isso, procurou-se manter inalteradas estas condições para todos os concretos ensaiados.

#### 6.4. PROPRIEDADES DO CONCRETO DE CIMENTO E POLÍMERO ENDURECIDO



(112). A cura dos corpos de prova de referência foi feita em câmara úmida durante 28 dias e os corpos de prova com adição de látex estireno-butadieno ficaram 24 horas em câmara úmida e o restante do período nas condições termo-higrométricas de laboratório (23° C, 65% UR ).

O esquema do ensaio está apresentado na figura 6.5. e as formas utilizadas foram as seguintes:

a) para ocorrência de fissuras no terço médio do comprimento

entre apoios.

$$R_1 = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

b) para ocorrência de fissuras fora do terço médio do comprimento entre os apoios, porém não distante destes mais do que 5%.

$$R_2 = \frac{3 \cdot P \cdot a}{b \cdot d^2}$$

onde:

$R_1$  e  $R_2$  = Tensão de ruptura, em Mpa.

P = carga máxima aplicada em Newton

L = comprimento entre apoios em mm

b = largura média do corpo de prova, em mm

d = altura do corpo de prova, em mm

a = distância média entre a linha de fissura e o ponto de apoio

mais próximo, medido na superfície de tração do corpo de prova

em mm.

Os resultados do ensaio estão na tabela 6.20 e nas figuras

6.6., 6.7., 6.8. e 6.9.

Figura 6.5. - Esquema de posicionamento do corpo de prova prisma-tico para o ensaio de tração na flexão

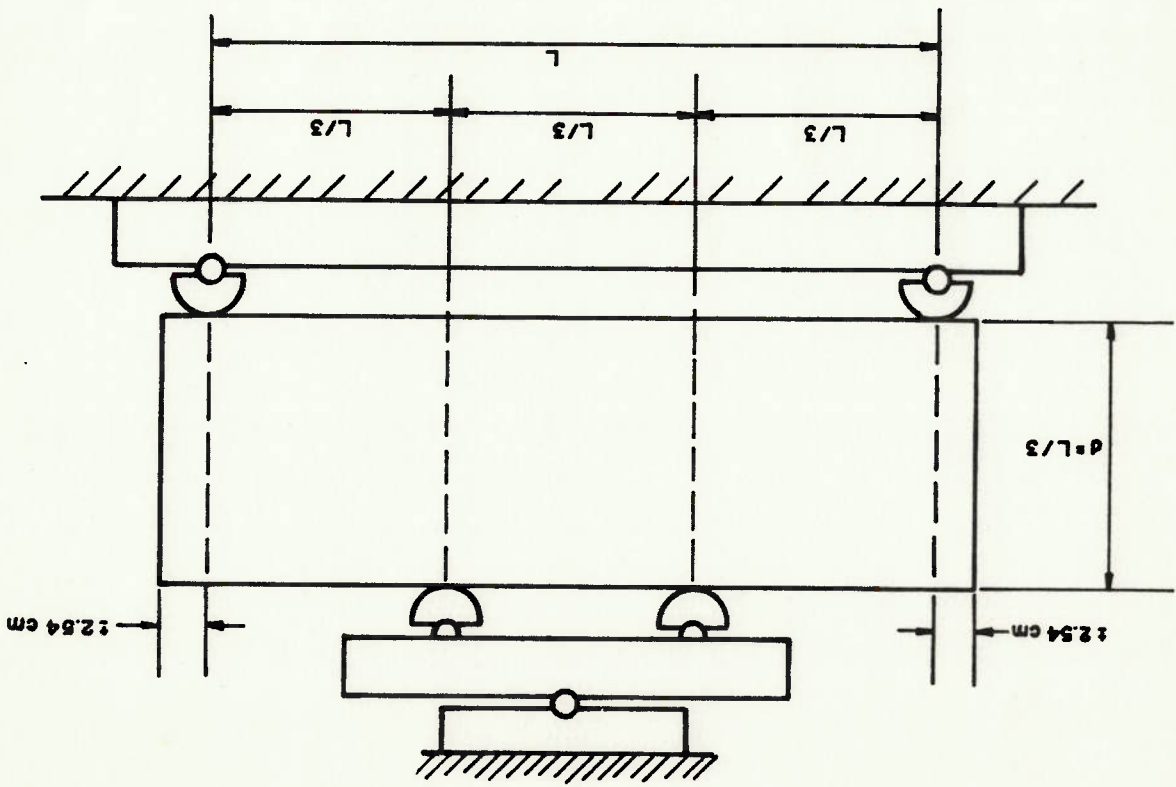


Tabela 6.20 - Resistência à tração na flexão, conforme ASTM C78.

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	TRAÇÃO NA FLEXÃO (Mpa)	
			3 DIAS	7 DIAS
REFERÊNCIA	25	320 380 450	3,20	3,40
			3,70	4,00
			4,20	4,75
	19	320 380 450	2,60	3,15
			3,85	4,10
			4,20	4,40
	9,5	320 380 450	2,45	3,40
			3,20	3,80
			3,80	4,50
ADICÇÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	4,00	4,65
			4,10	4,85
			4,60	4,95
	19	320 380 450	3,75	4,10
			4,75	5,35
			4,55	5,00
	9,5	320 380 450	2,80	3,30
			3,65	4,15
			5,10	5,25
ADICÇÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	4,35	4,90
			4,45	5,00
			4,50	5,55
	19	320 380 450	4,55	4,95
			4,50	5,15
			5,20	5,30
	9,5	320 380 450	3,65	4,05
			4,70	5,10
			5,40	5,40



Figura 6.7 - Efeitos da proporção de Estireno-butadieno na tração a flexão aos 7 dias, conforme norma ASTM C-78 em concreto.

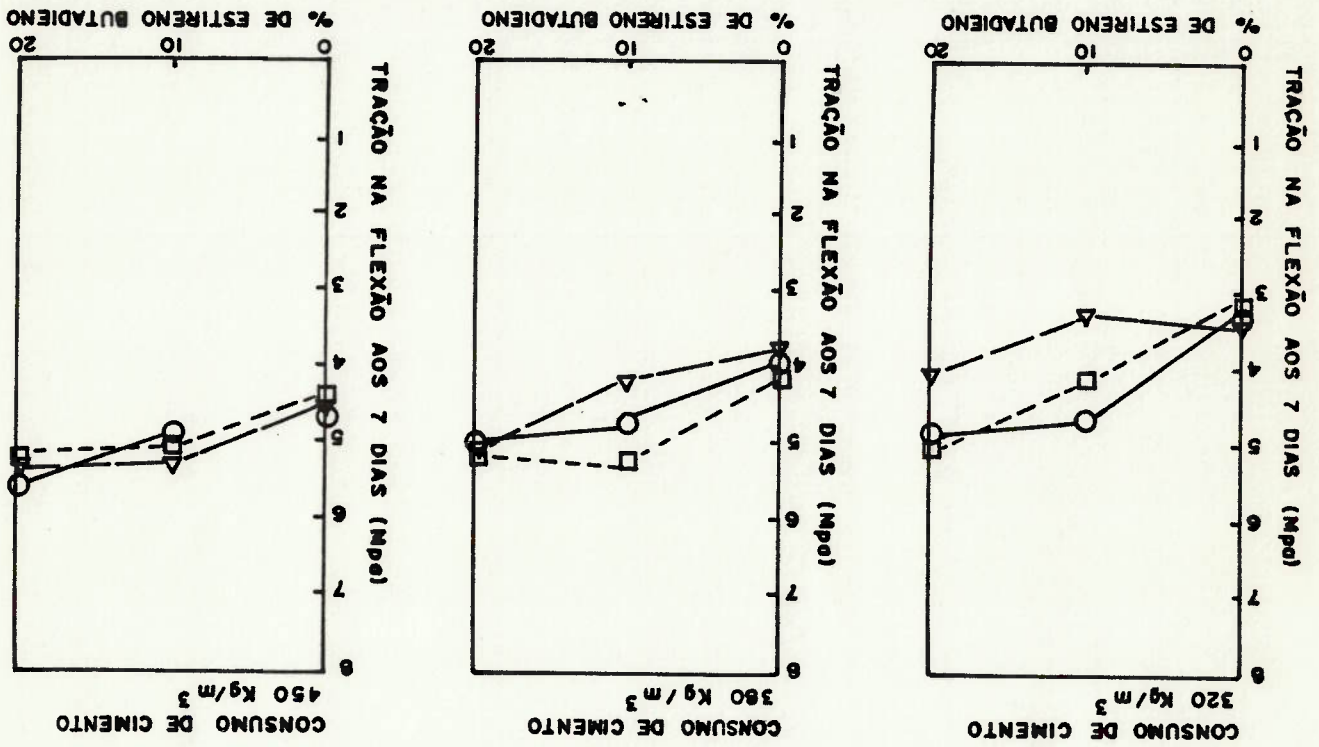


Figura 6.6 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na tração a flexão aos 3 dias, baseado na norma ASTM C-78, nos concretos.

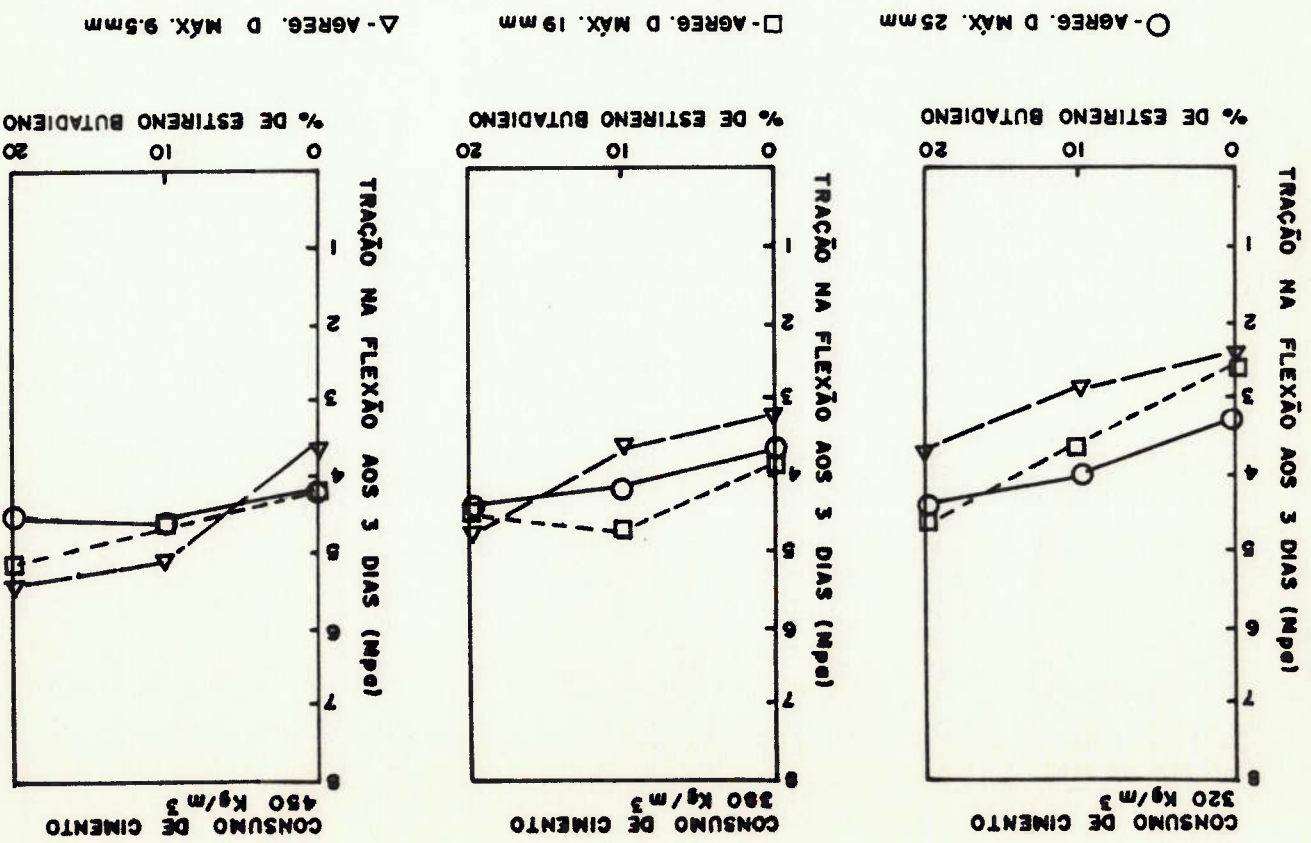


Figura 6.9 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na tração a flexão, para o consumo de cimento de 380 Kg/m<sup>3</sup> e D<sub>max</sub> do agregado de 25 mm.

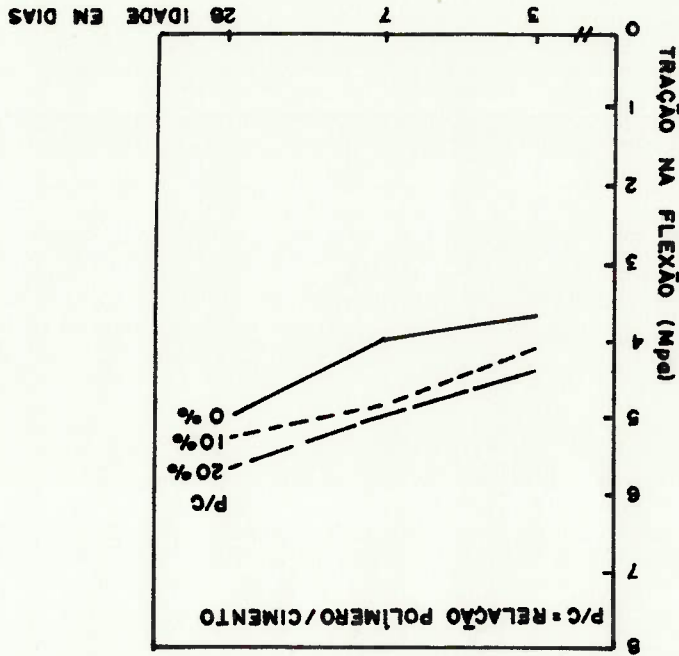
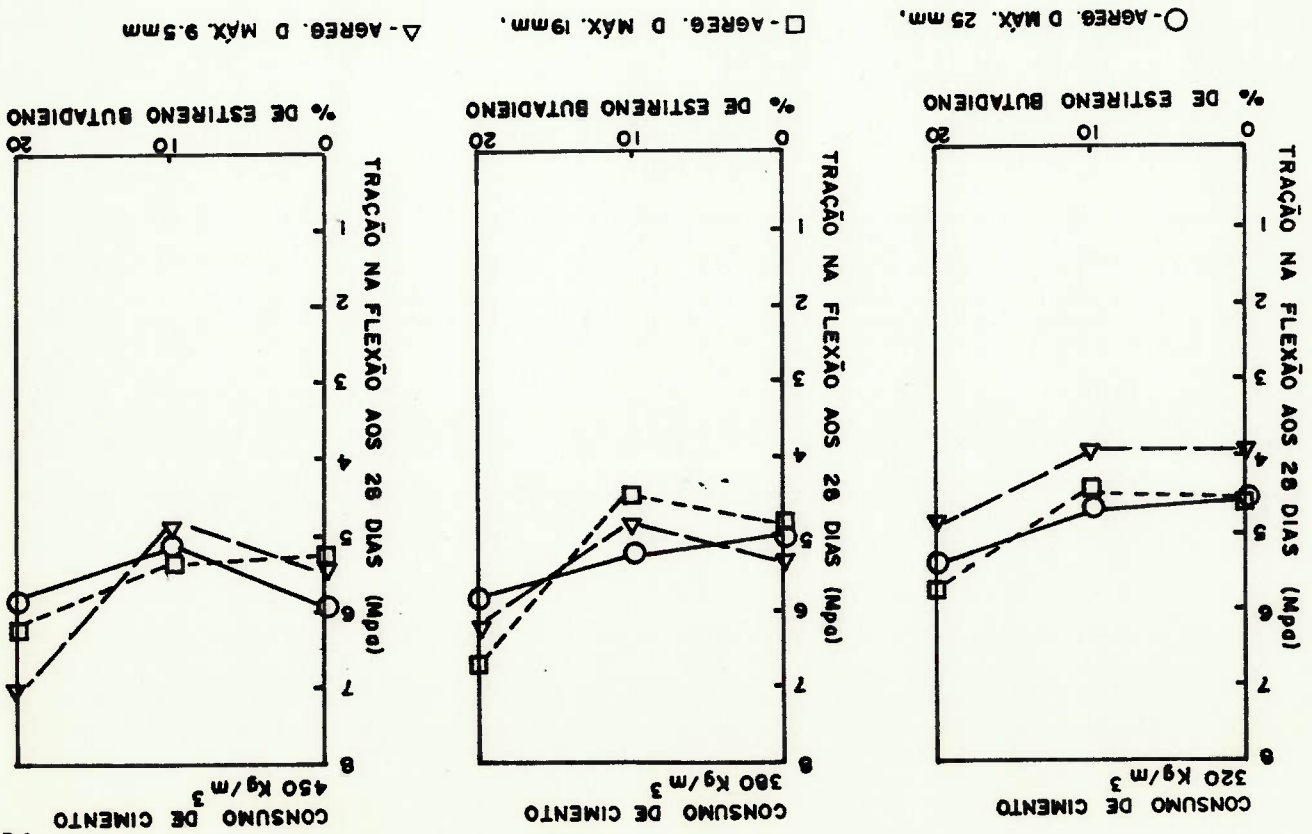


Figura 6.8 - Efeitos da proporção de estireno butadieno na tração na flexão aos 28 dias, conforme norma ASTM C-78 em concreto.



## 6.4.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio foi efetuado de acordo com a norma NBR 5739(122) e

os resultados estão na tabela 6.21 e nas figuras 6.10, 6.11, 6.12 e

6.13.

Tabela 6.2 1. - Resistência à compressão, conforme norma NBR 5739

CONCRETO	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO ÁGREGADO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (Mpa)			
			3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS	
REFERÊNCIA	25	320	22,3	27,2	33,3	
		380	28,2	35,1	37,3	
		450	38,7	45,8	51,5	
	19	320	17,9	23,6	30,8	
		380	24,3	31,2	40,2	
		450	36,1	42,9	50,5	
	9,5	320	12,3	17,3	22,2	
		380	20,5	26,6	36,1	
		450	29,9	36,4	45,4	
ADICÇÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320	31,9	36,8	44,0	
		380	37,5	42,7	50,4	
		450	38,8	47,0	53,3	
	19	320	25,7	32,1	38,6	
		380	32,2	37,7	45,2	
		450	41,2	48,0	52,8	
	9,5	320	16,0	20,5	27,3	
		380	21,6	27,5	33,0	
		450	33,7	40,8	45,5	
	ADICÇÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320	25,8	31,4	30,0
			380	29,8	35,4	43,9
			450	27,2	32,9	33,9
19		320	23,7	28,4	34,3	
		380	29,0	34,0	42,3	
		450	29,7	34,3	40,9	
9,5		320	17,6	21,9	27,5	
		380	24,6	29,1	36,6	
		450	29,7	34,3	42,9	



Figura 6.11 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência a compressão aos 7 dias conforme NBR 5739 em concretos.

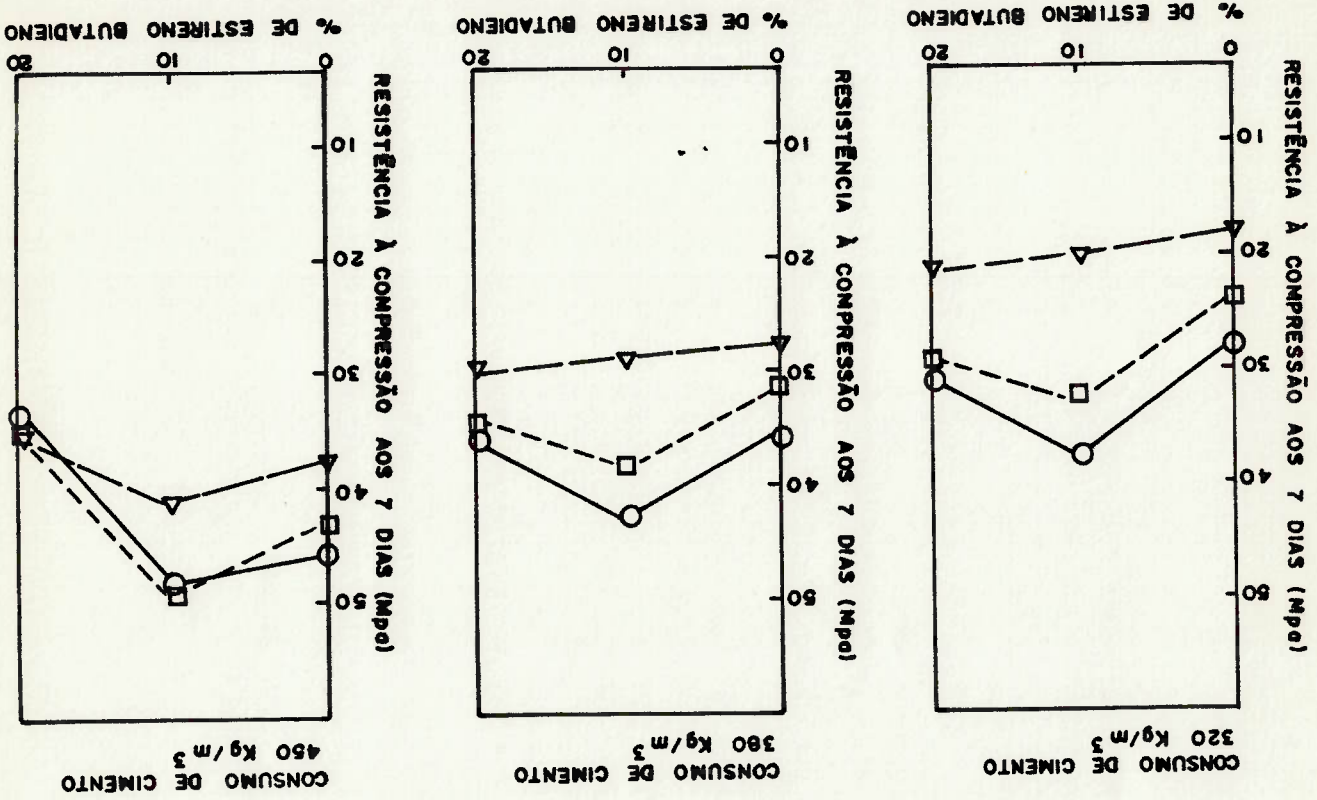
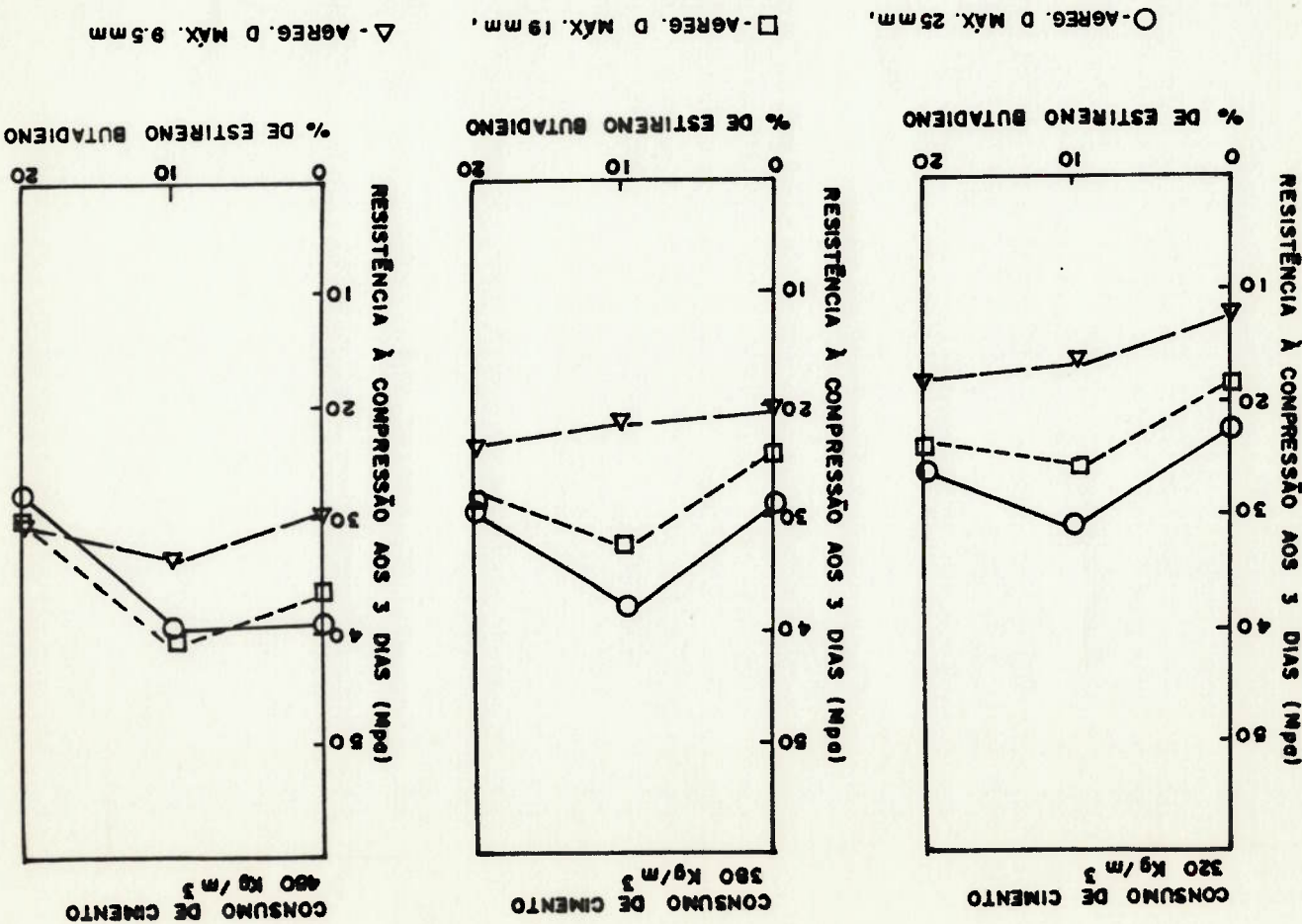


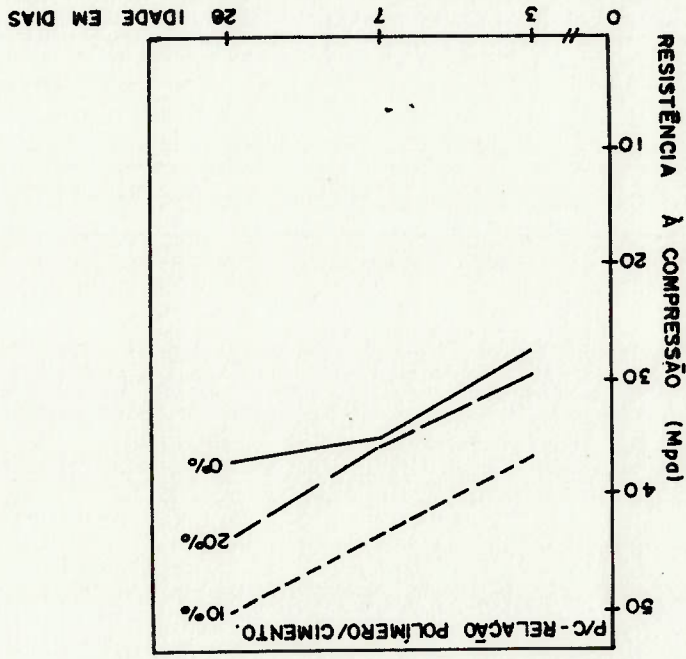
Figura 6.10 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência a compressão aos 3 dias conforme NBR 5739 em concreto.



380 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax de 25 mm.

tência à compressão, para o consumo de cimento de

Figura 6.13 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resis

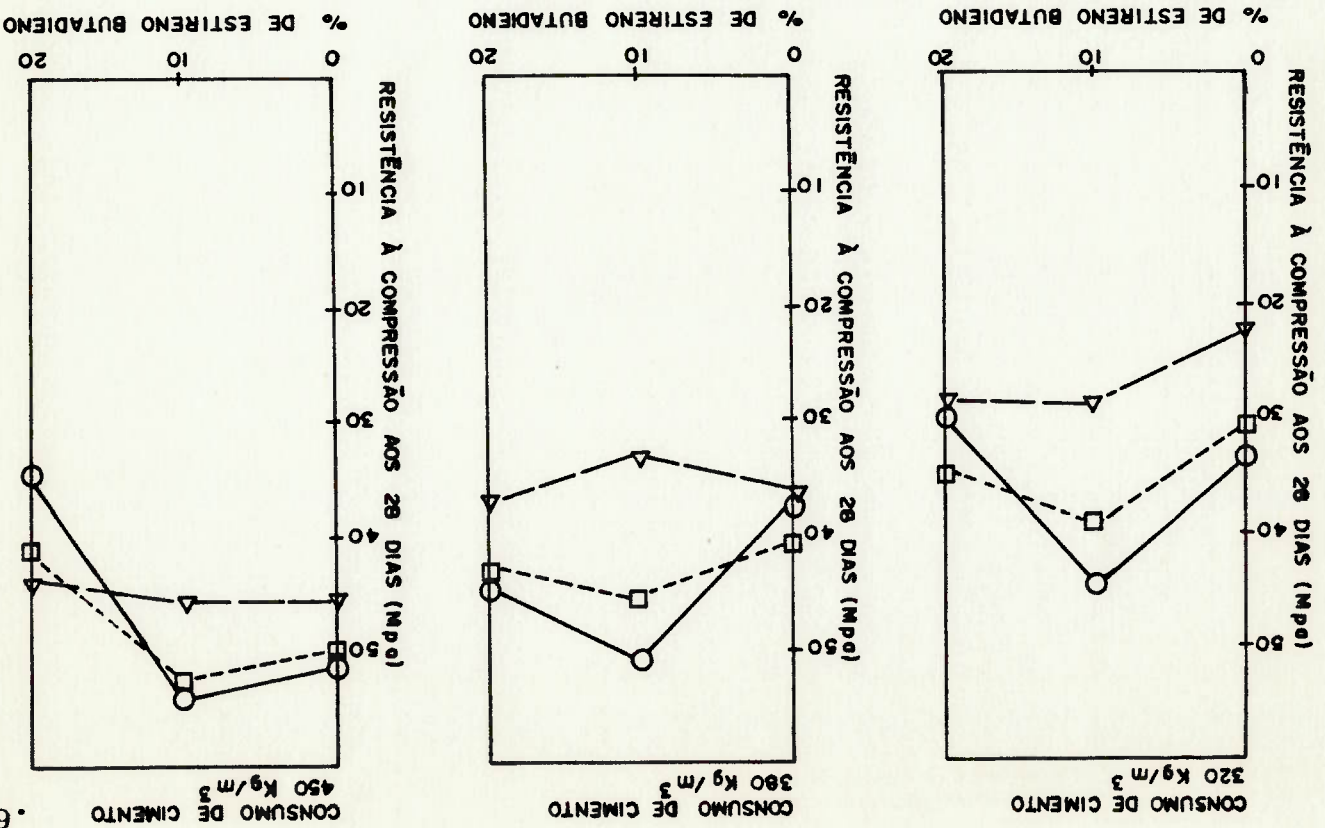


norma NBR - 5739 em concretos.

resistência à compressão aos 28 dias, conforme

Figura 6.12 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na

○ - AGRÉG. D MÁX. 25mm. □ - AGRÉG. D MÁX. 19mm. △ - AGRÉG. D MÁX. 9.5mm



### 6.4.3. MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICA NA COMPRESSÃO

Este ensaio é baseado na norma ASTM C-469/87 Test for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression (123).

O procedimento do ensaio está demonstrado na figura 6.14 e o cálculo do módulo de elasticidade é expresso como a média dos módulos dos ciclos de carregamento, eliminando-se do cálculo o primeiro ciclo, utilizando-se a seguinte fórmula

$$E = 2 \times 10^{-3} \times \frac{\text{Tensão máxima} - \text{Tensão mínima}}{\text{Deform. máxima} - \text{Deform. mínima}}$$

Em que:

Tensão máxima

É a carga máxima dividida pela área do corpo de

prova expressa com aproximação de 0,1 MPa ( cor-

respondente a 40% da tensão de ruptura ).

Tensão mínima

É a carga mínima dividida pela área do corpo de

prova, expressa com aproximação de 0,1 MPa ( e a

tensão sobre o corpo de prova correspondente a uma

Deformação

É a variação de comprimento máximo dividido pelo

máxima

comprimento efetivo de medida, de 200 mm.

Deformação

É a variação de comprimento mínimo dividido por

mínima

200 mm, ou seja:

$$0,02 = 10^{-4}$$

$$\frac{200}{200}$$

Os resultados estão demonstrados na tabela 6.22 e na figura



Figura 6.14 - Esquema de procedimento de ensaio para determi-  
 nação do módulo de elasticidade estática na com-  
 pressão, conforme norma ASTM C-469/87.

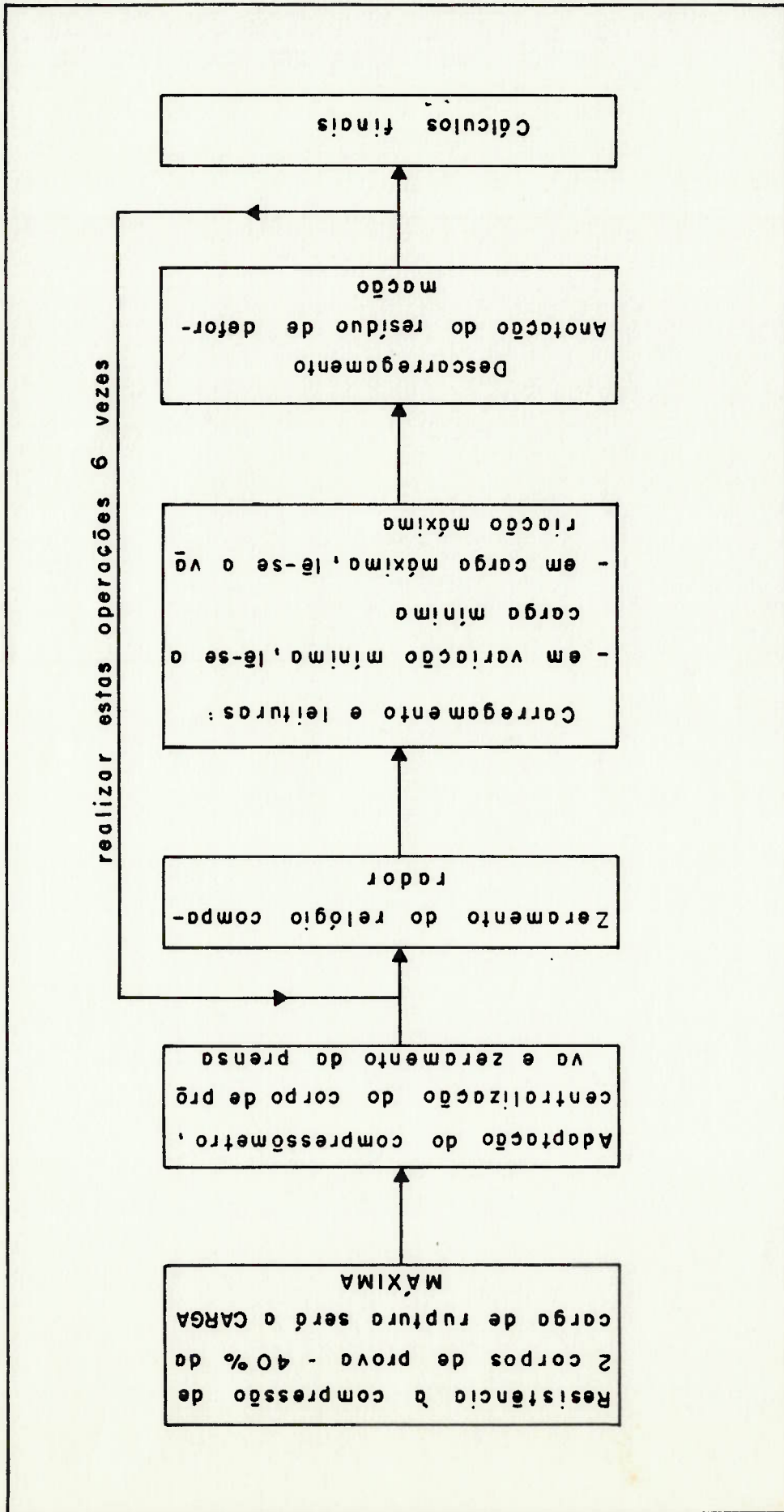
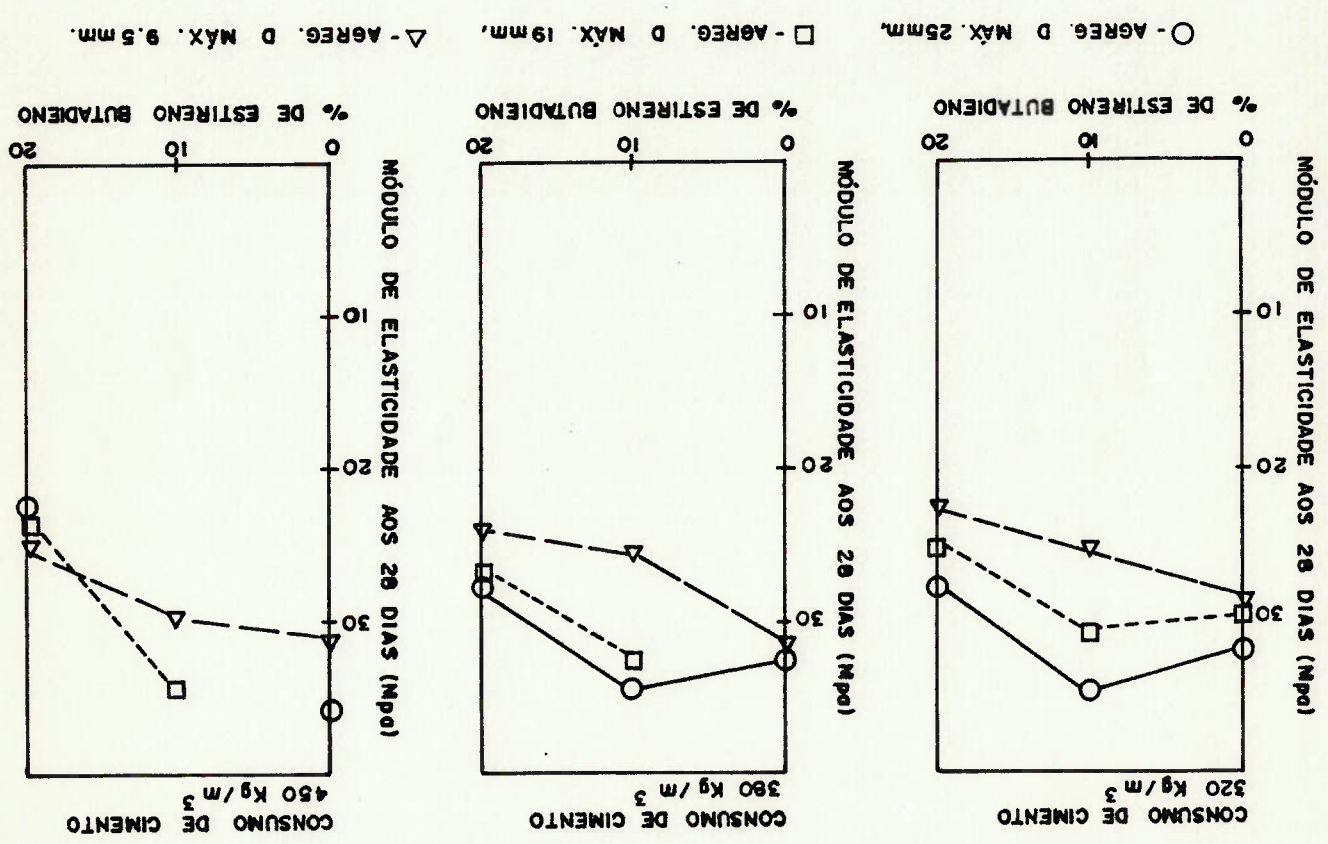


Tabela 6.2.2. Módulo de elasticidade estático na compressão confor  
me norma ASTM C-469/87

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAUO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (Kg/m <sup>3</sup> )	MÓDULO DE ELASTICIDADE AOS 28 DIAS ( Mpa )			
			25	19	9,5	
REFERÊNCIA	25	320 380 450	31,4	32,2	35,9	
			29,2	--	--	
			28,0	31,7	31,6	
	9,5	320 380 450	34,8	34,4	--	
			31,1	32,4	34,1	
			25,2	25,8	29,0	
	ADIÇÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	27,7	28,0	22,7
				22,7	27,2	23,0
				25,4	27,2	23,0
19		320 380 450	22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	
9,5		320 380 450	22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	
ADIÇÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320 380 450	22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	
	19	320 380 450	22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	
	9,5	320 380 450	22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	
			22,4	27,2	23,0	

Figura 6.15 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno no módulo de elasticidade estática na compressão aos 28 dias, conforme norma ASTM C-469/87.





6.4.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO - ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ES

PECÍFICA.

Os ensaios foram efetuados de acordo com a norma NBR 9778(124) e os resultados estão na tabela 6.23 e figuras 6.16, 6.17, e 6.18.

Tabela 6.23 - Absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica, conforme norma NBR 9778.

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO ÁGREGADO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	MASSA ESPECÍFICA CA C.P. SECO (g/cm <sup>3</sup> )	ABSORÇÃO POR IMERSÃO (%)	ÍNDICE DE VAZIOS (%)
ADICÇÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320	2,26	5,5	13,0
		380	2,29	5,1	12,1
		450	2,28	5,0	13,4
	19	320	2,22	5,4	12,6
		380	2,24	5,6	13,1
		450	2,25	5,5	12,8
	9,5	320	2,17	6,7	14,9
		380	2,16	6,5	14,5
		450	2,16	6,6	14,7
ADICÇÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320	2,36	1,5	4,0
		380	2,39	1,6	4,1
		450	2,34	1,8	4,7
	19	320	2,26	2,2	5,5
		380	2,28	1,3	3,0
		450	2,34	0,9	3,3
	9,5	320	2,27	2,0	5,1
		380	2,23	1,9	6,0
		450	2,25	1,9	5,4
ADICÇÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO	25	320	2,32	0,7	1,9
		380	2,37	0,8	2,6
		450	2,31	0,5	1,6
	19	320	2,31	1,0	2,8
		380	2,33	0,8	2,3
		450	2,32	0,9	2,6
	9,5	320	2,22	2,2	5,2
		380	2,22	1,2	5,4
		450	2,31	1,2	3,3

Figura 6.17 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno no índice de vazios, conforme norma NBR-9778

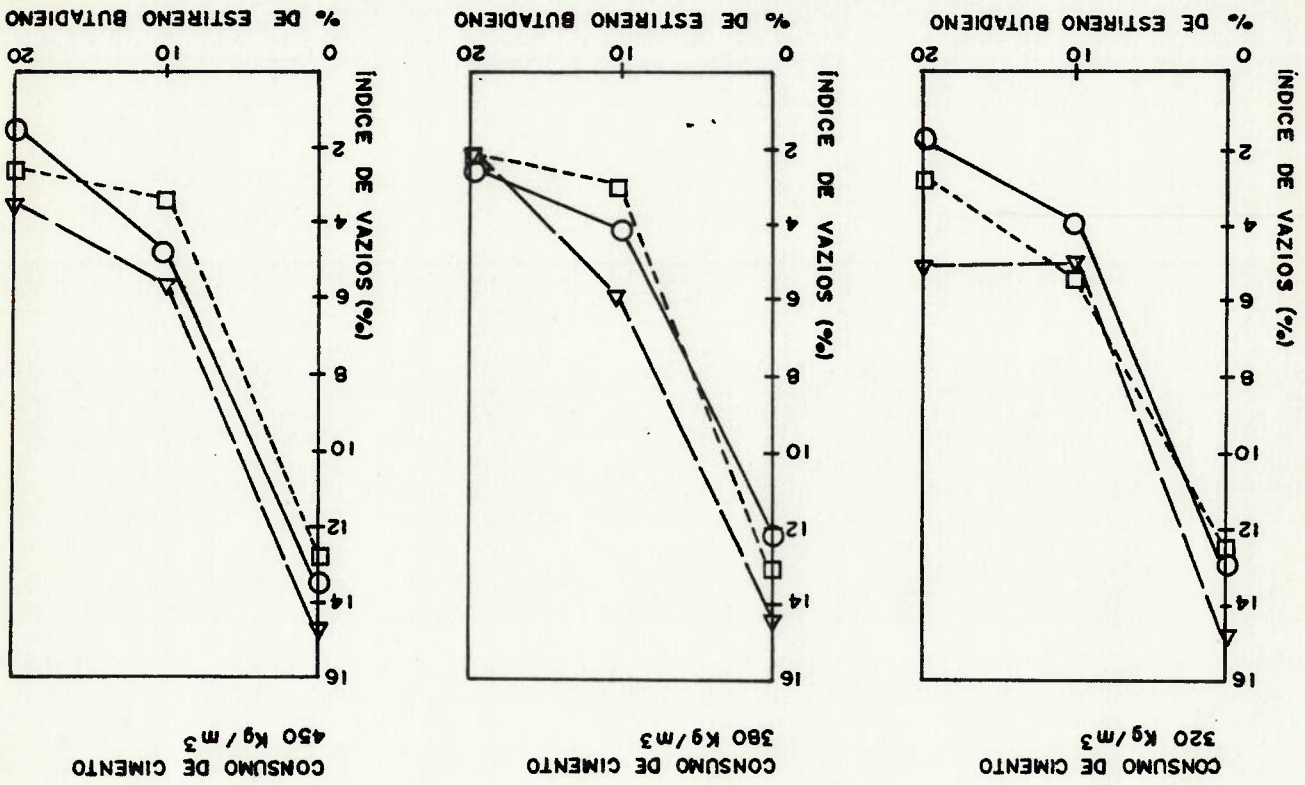


Figura 6.16 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na absorção de água por imersão conforme norma NBR 9778.

○ - AREG. D MAX. 25mm, □ - AREG. D MAX. 19mm, △ - AREG. D MAX. 9.5mm

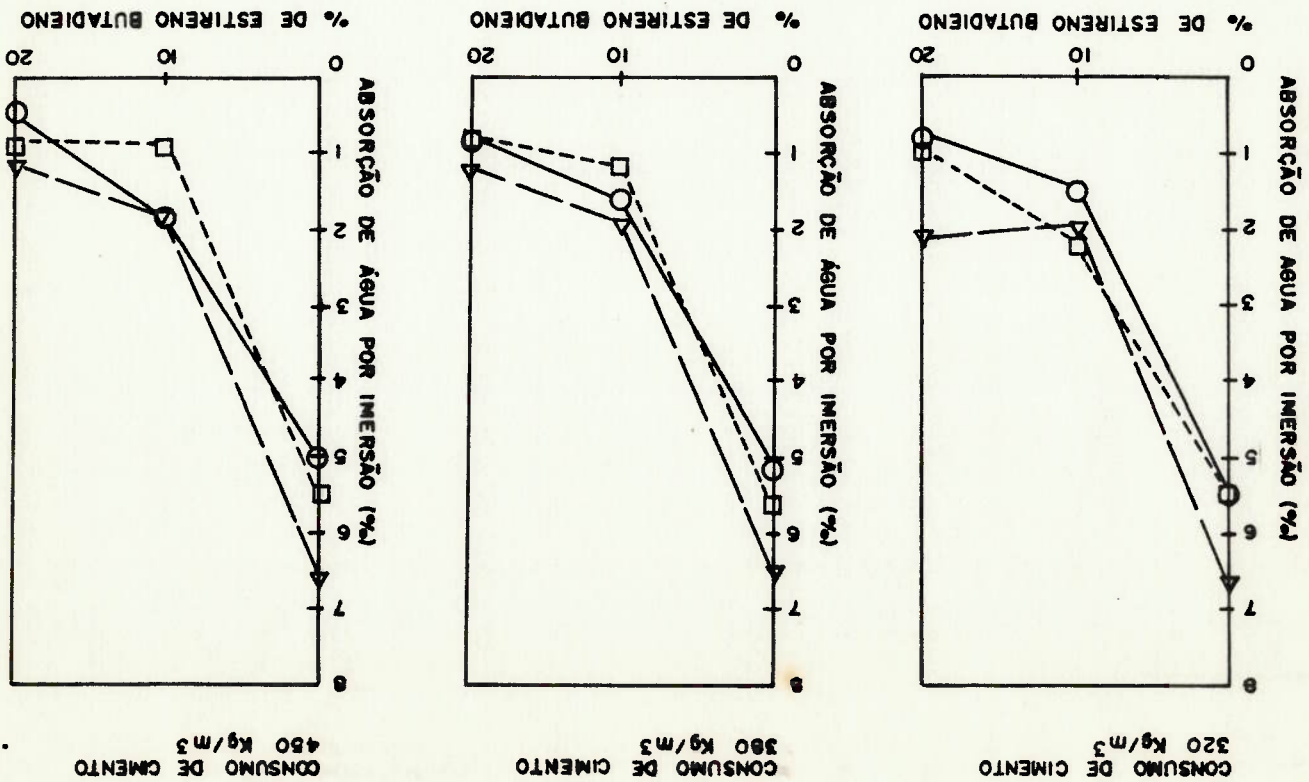
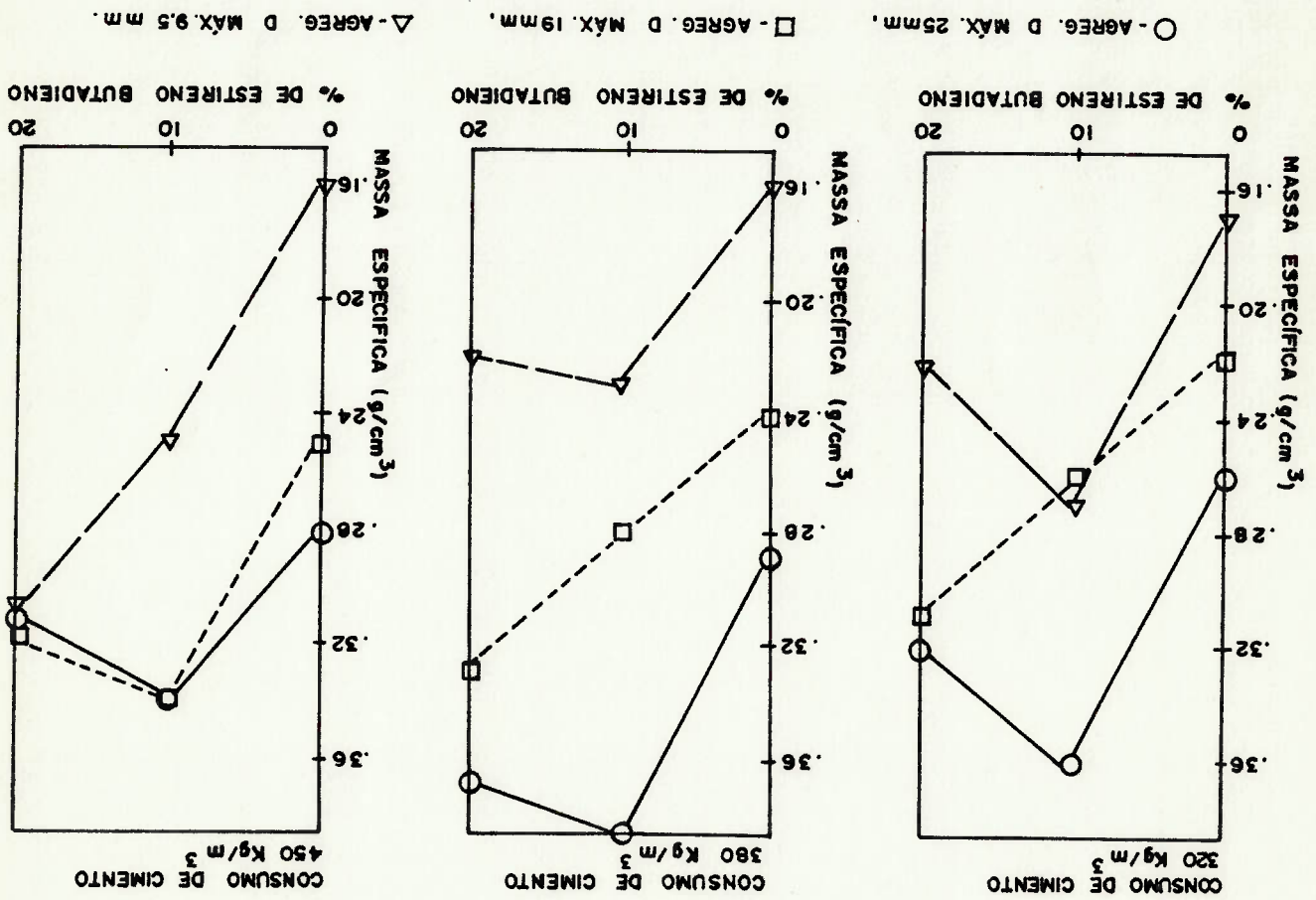


Figura 6.18 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na massa específica, conforme norma NBR-9778



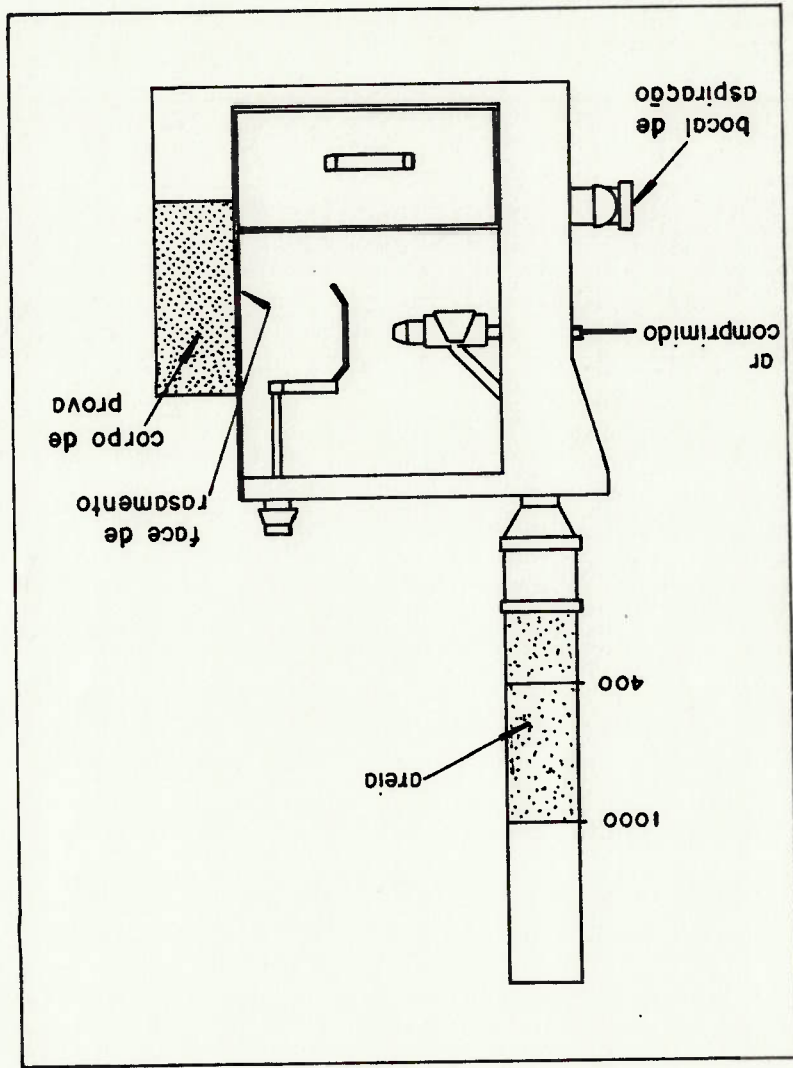


#### 6.4.5. - RESISTÊNCIA À ABRASÃO POR JATEAMENTO DE AREIA

Este ensaio está de acordo com a norma ASTM C-418/81 - Test for abrasion resistance of concrete by sand blasting (125), e os resultados estão na tabela 6.24 e nas figuras 6.20 e 6.21. No procedimento para execução do ensaio, foram adotados os seguintes passos:

- a) Moldar o corpo de prova observando que a superfície a rasar seja bem regularizada.
- b) Colocar o corpo de prova na condição de "saturado, com superfície seca" submergindo-o 24 horas antes do ensaio e enxugando-o com pano.
- c) Preencher o reservatório do aparelho com 1000g de areia graduada. ( passa na peneira de 0,85 mm e fica retida na peneira de 0,6 mm)
- d) Colocar a superfície rasada do corpo de prova em contato total com o aparelho.
- e) Ligar o compressor até que se atinja a pressão de 0,422 Mpa.
- f) Expor a superfície ao jato de areia durante 1 minuto, observar o escoamento de 600g de areia. Repetir esse procedimento em 8 pontos diferentes da superfície.
- g) Peser uma pequena porção de massa de modelar com massa específica determinada pelo método do picnômetro ( ASTM C128/84)
- h) Preencher a cavidade desgastada com a massa de modelar e pesar a porção restante.
- i) A diferença de massa entre a porção inicial e a final será a massa necessária para preencher a cavidade.
- j) Determinar o volume da cavidade

Figura 6.19 - Aparelho de abrasão por jateamento de areia



Volume =  $\frac{\text{peso da massa de modelar}}{\text{massa específica da massa de modelar}}, \text{ cm}^3$

1) Determinar o coeficiente de abrasão (K), com aproximação de  $0,01 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$

$$K = \frac{\text{volume da cavidade}}{\text{área da superfície abrasada}}, \text{ cm}^3/\text{cm}^2$$

Tabela 6.24 - Resistência à abrasão por jateamento de areia, conforme norma ASTM C-418/81

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA DO ÁGREGADO (mm)	CONSUMO DE CIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	COEFICIENTE DE ABRASÃO AOS 8 DIAS (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	COEFICIENTE DE ABRASÃO AOS 29 DIAS (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	REFERÊNCIA			ADICÇÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO			ADICÇÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO		
					25	19	9,5	25	19	9,5	25	19	9,5
	320	450	0,18	0,15	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	380	450	0,14	0,12	0,09	0,11	0,13	0,10	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07
	450	450	0,11	0,10	0,09	0,12	0,18	0,10	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07
	320	380	0,20	0,15	0,09	0,12	0,18	0,10	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07
	380	380	0,17	0,13	0,09	0,11	0,13	0,10	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07
	450	450	0,12	0,10	0,09	0,12	0,18	0,10	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07
	320	320	0,15	0,12	0,09	0,12	0,18	0,10	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07
	380	380	0,11	0,10	0,09	0,11	0,13	0,10	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07
	450	450	0,09	0,09	0,09	0,12	0,18	0,10	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07



Figura 6.21 - Efeitos, da proporção de estireno-butadieno na resistência a abrasão por jateamento de areia aos 29 dias, conforme norma ASTM C-418/81.

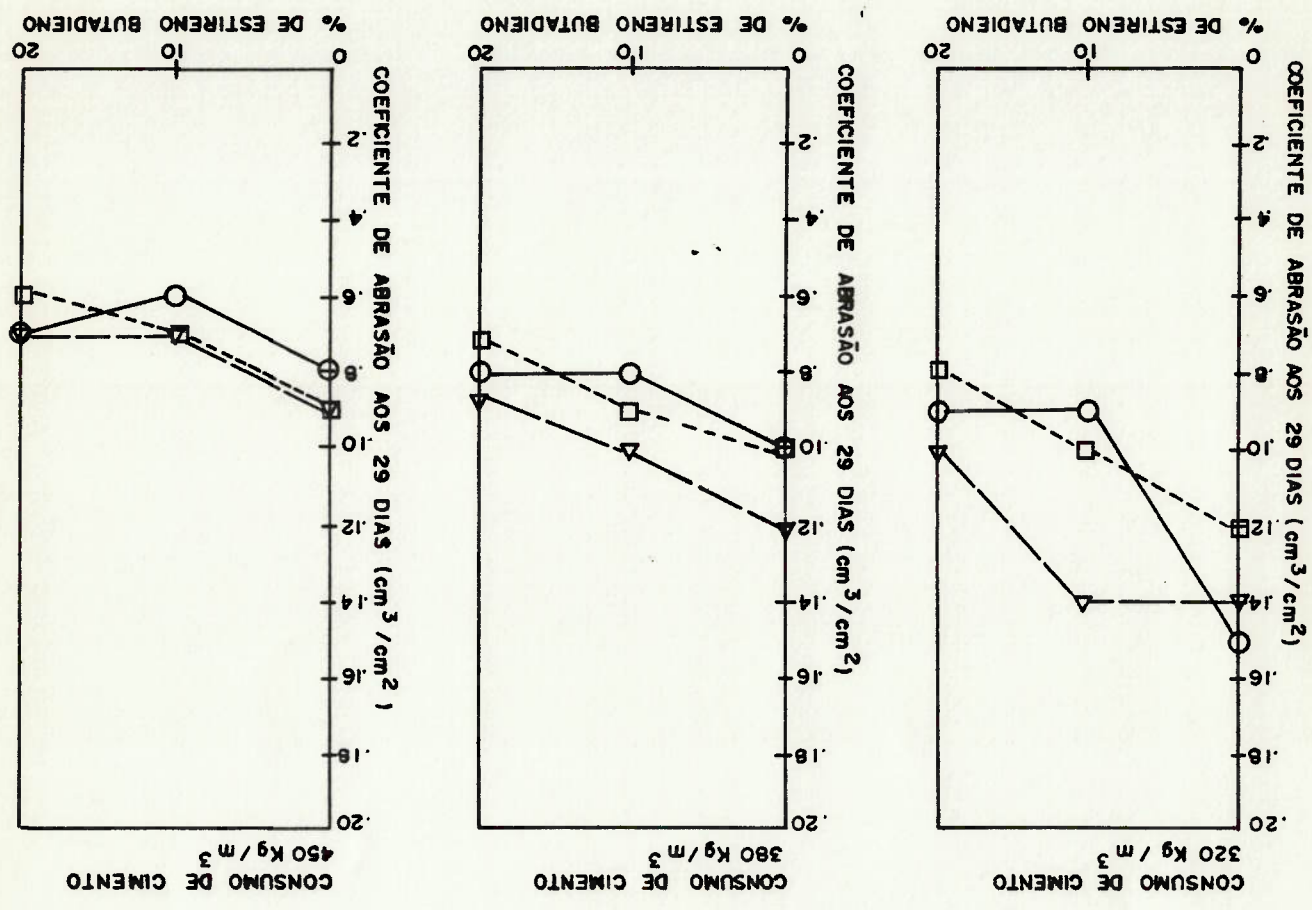
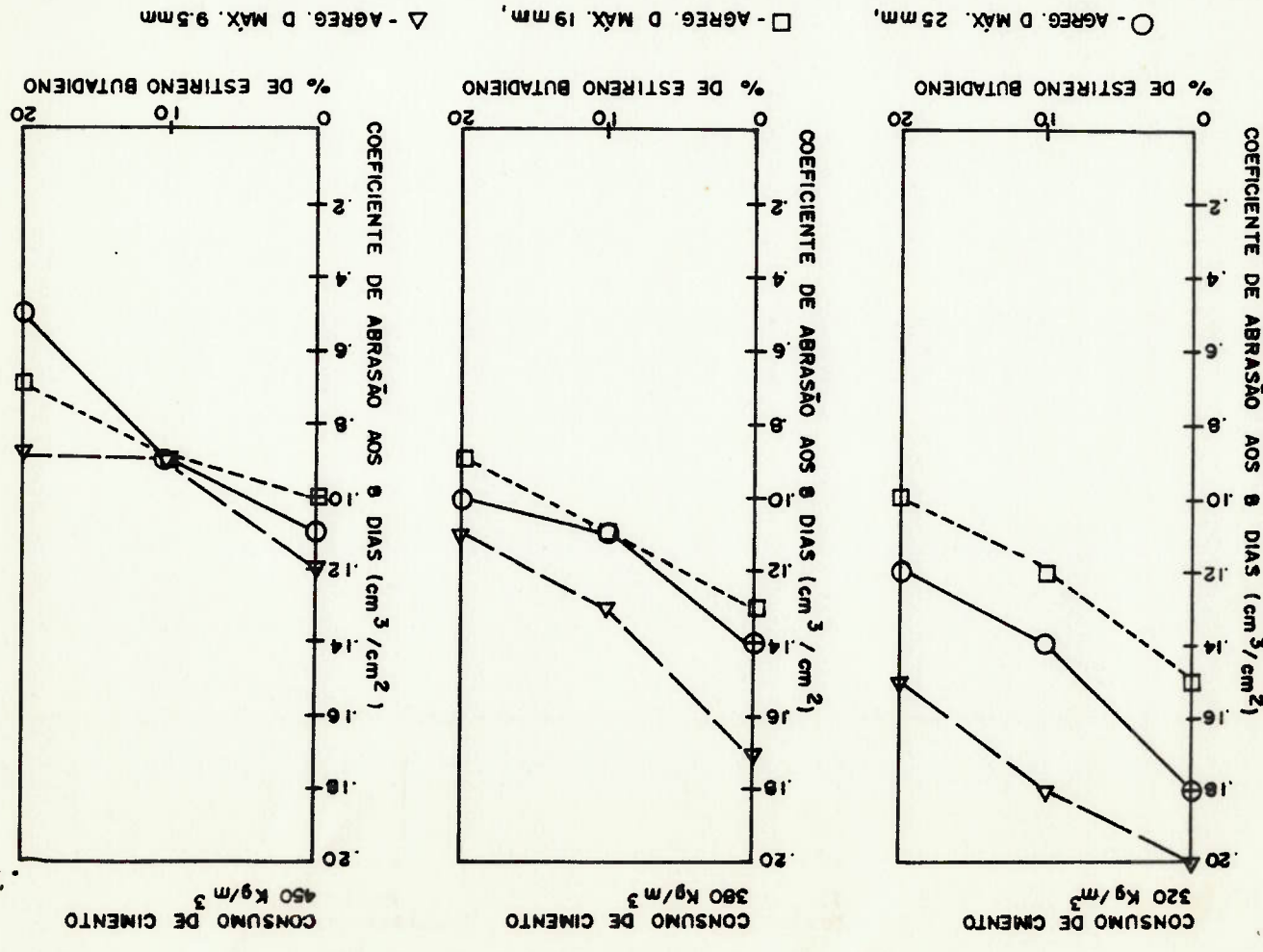


Figura 6.20 - Efeitos, de proporção de estireno-butadieno na resistência a abrasão por jateamento de areia aos 8 dias, conforme norma ASTM C-418/81.



#### 6.4.6. RESISTÊNCIA QUÍMICA

Este ensaio está baseado na norma ASTM C-267 - Chemical Resistance of mortars grouts and monolithic surfacings (126), e tem por objetivo avaliar o desempenho dos concretos, quando sujeitos à ação de agentes quimicamente agressivos. As observações do aspecto visual e variação de massa estão nas tabelas 6.25, 6.26 e 6.27. Com relação à variação da resistência mecânica os resultados estão nas tabelas 6.28, 6.29 e 6.30, bem como nas figuras 6.22 a 6.30.

Foram moldados corpos de prova cilíndricos de 5 x 10 cm, com o consumo de 380 kg/m<sup>3</sup> de cimento e agregado com D<sub>max</sub> igual a 9,5mm para todos os concretos.

Os corpos de prova de referência, ou seja, com 0% de adição de estireno-butadieno foram curados em câmara úmida por 28 dias e os corpos de prova com adição de 10% e 20% de estireno-butadieno foram curados em câmara úmida durante 24 horas e o período de 27

dias nas condições termohigrômicas de laboratório (23°C, 65% UR). Após o período de cura, os corpos de prova foram escovados, lavados para remoção de qualquer vestígios de óleos ou graxas e pesados para determinação da massa seca inicial.

Estes corpos de prova foram então imersos nas soluções para

remoção do excesso de solução e submetidos à determinação da massa saturada e avaliação visual, sendo este procedimento repetido para as idades de 7, 14, 28 e 56 dias de imersão nas soluções.

Em função da agressividade da solução química, foi estipulado um tempo de permanência para se evitar a total desagregação do

corpo de prova.

As soluções agressivas utilizadas foram:

- Ácido sulfúrico 40%

Tabela 6.25 - Variação de massa e avaliação visual dos corpos de .77.

de prova de concreto com 0% de adição de estireno-butadieno, conforme norma ASTM C-267.

Reagentes	AVALIAÇÃO VISUAL						Variação de massa %
	1 Dia	7 Dias	14 Dias	28 Dias	56 Dias		
Acido Acético 3%	4 F 3 L	3 F 3 L	-	-	-	-	-3.9
Acido Acético 10%	4 F 4 L	4 F 4 L	-	-	-	-	-7.4
Acido Sulfúrico 10%	3 F 3 L	4 W 4 F 4 L	-	-	-	-	-11.8
Acido Sulfúrico 40%	2 F 3 L	3 F 4 L	-	-	-	-	-1.0
Hidróxido de Sódio 10%	1	1	1	1	1	1	+0.6
Hidróxido de Sódio 40%	-	3 F	2 W 3 F	-	-	-	-1.6
Hipoclorito de Sódio 03%	1	1	1	1	1	1	-0.2
Acetona	1	1	1	1	1	1	-1.6
Alcool Etilico	1	1	1	1	1	1	-1.2
Gasolina	1	1	1	1	1	1	-0.6
Toluol	1	1	1	1	1	1	-0.5
Oleo Lubrificante	1	1	1	1	1	1	-0.7
Solução de Detergente 20%	3 P	3 P	3 P	3 P	3 P	3 P	+0.3

Intensidade

CONVENÇÃO

Ocorrência

- 1) - Nenhuma alteração
- 2) - Pequeno (a)
- 3) - Moderado (a)
- 4) - Severo (a) ou total
- F) - Destacamento de material com atrito da mão ou espátula
- L) - Amarelamento do líquido
- P) - Escurecimento do líquido
- W) - Ataque na amostra



Tabela 6.26 - Variação de massa e avaliação visual dos corpos de .73.

prova de concreto com 10% de adição de estireno-

butadieno , conforme norma ASTM C-267.

Reagentes	AVALIAÇÃO VISUAL						Variação de massa %
	1 Dia	7 Dias	14 Dias	28 Dias	56 Dias		
Acido Acético 3%	3 F 3 A / 2 W	3 F 3 L	-	-	-	-	-4.3
Acido Acético 10%	4 F 3 L	3 W 4 F 4 L	-	-	-	-	-9.1
Acido Sulfúrico 10%	4 F 2 L	4 W 2 F 3 L	-	-	-	-	-11.6
Acido Sulfúrico 40%	4 F 2 L	3 W 2 F 3 L	-	-	-	-	-4.0
Hidróxido de Sódio 10%	1	1	1	1	1	1	+1.7
Hidróxido de Sódio 40%	1	1	1	-	-	-	+0.9
Hipoclorito de Sódio 03%	1	1	1	1	1	1	+1.8
Acetona	1	1	1	1	1	1	+0.5
Alcool Etilico	1	1	1	1	1	1	+0.02
Gasolina	1	1	1	1	1	1	+0.6
Toluol	1	2 F	2 F	1	1	1	+0.5
Óleo Lubrificante	1	1	1	1	1	1	+1.5
Solução de Detergente 20%	3 P	3 P	3 P	3 P	3 P	3 P	+1.8

Intensidade

CONVENÇÃO

Ocorrência

- 1) - Nenhuma alteração
- 2) - Pequeno (a)
- 3) - Moderado (a)
- 4) - Severo (a) ou total

- F) - Destacamento de material com atrito da mão ou espátula
- L) - Amarelamento do líquido
- P) - Escurecimento do líquido
- W) - Ataque no amostra

Tabela 6.27 - Variação de massa e avaliação visual dos corpos de prova de concreto com 20% de adição de estireno-bù

tadieno, conforme norma ASTM C-267.

Reagentes	AVALIAÇÃO VISUAL						Variação de massa %
	1 Dia	7 Dias	14 Dias	28 Dias	56 Dias		
Acido Acético 3%	2L	2L	-	-	-	-	-0.1
Acido Acético 10%	3L	3L	-	-	-	-	-1.9
Acido Sulfúrico 10%	1	1	-	-	-	-	+0.2
Acido Sulfúrico 40%	4 F 2L	4 F 2L	-	-	-	-	-5.4
Hidróxido de Sódio 10%	1	1	1	1	1	1	+0.8
Hidróxido de Sódio 40%	1	1	1	-	-	-	+0.7
Hipoclorito de Sódio 0.3%	1	1	1	1	1	1	+1.1
Acetona	1	1	1	2F	2F	2F	-0.5
Alcool Etilico	1	1	1	2F	2F	2F	-0.3
Gasolina	1	1	2F	3F	3F	3F	-0.7
Toluol	4 F	AMOSTRA TOTALMENTE DESINTEGRADA			-	-	-
Óleo Lubrificante	1	1	1	1	1	1	+0.5
Solução de Detergente 20%	3 P	3 P	3 P	3 P	3 P	3 P	+0.8

Intensidade

CONVENÇÃO

Ocorrência

- 1) - Nenhuma alteração  
 2) - Pequeno (a)  
 3) - Moderado (a)  
 4) - Severo (a) ou total

- F) - Destacamento de material com atrito da mão ou espátula  
 L) - Amarelamento do líquido  
 P) - Escurecimento do líquido  
 W) - Atoque na amostra



- Ácido sulfúrico 10%  
 - Ácido Acético 10%  
 - Ácido Acético 3%  
 - Hidróxido de sódio 40%  
 - Hidróxido de sódio 10%  
 - Gasolina  
 - Alcool Etilico  
 - Óleo Lubrificante  
 - Acetona  
 - Detergente 20%  
 - Hipoclorito de sódio 3%

Tabela 6.28 - Resistência à compressão após imersão dos corpos de prova de concreto com 0% de adição de estireno-butadieno. ( Norma NBR 5793 )

REAGENTES	DIAS DE IMERSÃO			RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (Mpa)		
	C.P 1	C.P 2	C.P 3	MÉDIA		
NÃO IMERSO	---	34,8	38,0	38,5	37,1	
ÁCIDO ACÉTICO 10%	7	25,5	26,3	29,9	27,2	
ÁCIDO ACÉTICO 3%	7	34,5	32,3	32,2	33,0	
ÁCIDO SULFÚRICO 40%	7	34,9	37,7	37,7	36,8	
ÁCIDO SULFÚRICO 10%	7	31,0	30,8	32,8	31,5	
HIDRÓXIDO DE SÓDIO 40%	14	27,5	25,5	27,9	27,0	
HIDRÓXIDO DE SÓDIO 10%	56	40,3	40,9	38,4	39,9	
HIPOCLORITO DE SÓDIO 3%	56	44,1	45,0	47,1	45,4	
ÓLEO LUBRIFICANTE	56	40,6	43,4	38,8	40,9	
ACETONA	56	44,5	37,5	36,0	36,75	
DETERGENTE 20%	56	40,6	40,6	39,8	40,2	
GASOLINA	56	40,5	41,8	37,9	40,9	
ALCOOL ETÍLICO	56	38,4	36,0	36,4	36,9	
TOLUOL	56	29,5	37,2	39,5	35,4	



REAGENTES	DIAS DE IMERSÃO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (Mpa)		
		C.P. I	C.P. 2	C.P. 3 MÉDIA
NÃO IMERSO	--	40,5	39,3	41,8
ÁCIDO ACÉTICO 10%	7	25,3	24,7	23,8
ÁCIDO ACÉTICO 3%	7	30,4	34,3	32,9
ÁCIDO SULFÚRICO 40%	7	38,0	38,4	34,0
ÁCIDO SULFÚRICO 10%	7	31,3	34,0	34,4
HIDRÓXIDO DE SÓDIO 40%	14	32,4	33,4	32,8
HIDRÓXIDO DE SÓDIO 10%	56	41,4	34,9	36,0
HIPLOCORITO DE SÓDIO 3%	56	38,2	36,9	36,1
ÓLEO LUBRIFICANTE	56	36,1	33,4	30,9
ACETONA	56	35,1	34,0	37,9
DETERGENTE 20%	56	37,5	35,5	35,9
GASOLINA	56	41,2	31,8	31,6
ALCOOL ETÍLICO	56	33,9	36,0	32,5
TOLUOL	56	31,8	32,4	33,6

Tabela 6.29 - Resistência à compressão após imersão de corpos de prova de concreto com 10% de adição de estireno-butadieno ( NBR -5793 ).

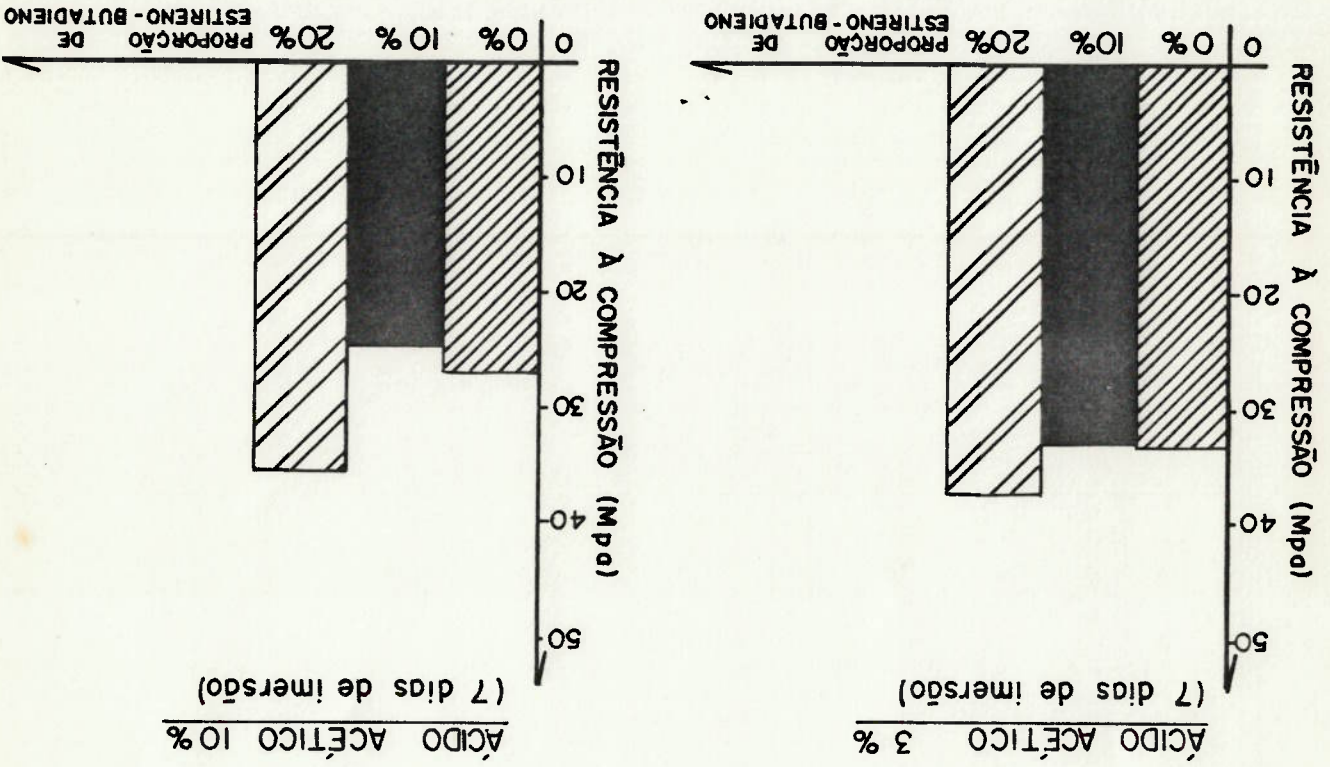
Tabela 6.30 - Resistência à compressão após imersão dos corpos de prova de concreto com 20% de adição de estireno-butadieno NBR 5793

REAGENTES	DIAS DE IMERSÃO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO ( Mpa)		
		C.P 1	C.P 2	C.P 3
NÃO IMERSO	--	37,4	40,1	38,4
ÁCIDO ACÉTICO 10%	7	36,0	36,0	34,6
ÁCIDO ACÉTICO 3%	7	38,4	35,4	37,9
ÁCIDO SULFÚRICO 40%	7	34,0	35,6	36,0
ÁCIDO SULFÚRICO 10%	7	39,5	39,1	39,6
HIDRÓXIDO DE SÓDIO 40%	14	35,5	34,9	33,5
HIDRÓXIDO DE SÓDIO 10%	56	35,1	35,7	37,2
HIPOCLORITO DE SÓDIO 3%	56	37,2	38,2	37,8
ÓLEO LUBRIFICANTE	56	33,4	33,8	32,1
ACEONA	56	25,5	26,3	30,6
DETERGENTE 20%	56	35,4	36,5	37,5
GASOLINA	56	27,6	23,7	25,6
ALCOOL ETÍLICO	56	32,5	28,3	31,6
TOLUOL	7	DESINTEGROU COM 7 DIAS		
				30,8



Acético.

Figura 6.23 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em ácido



sulfúrico.

Figura 6.22 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em ácido

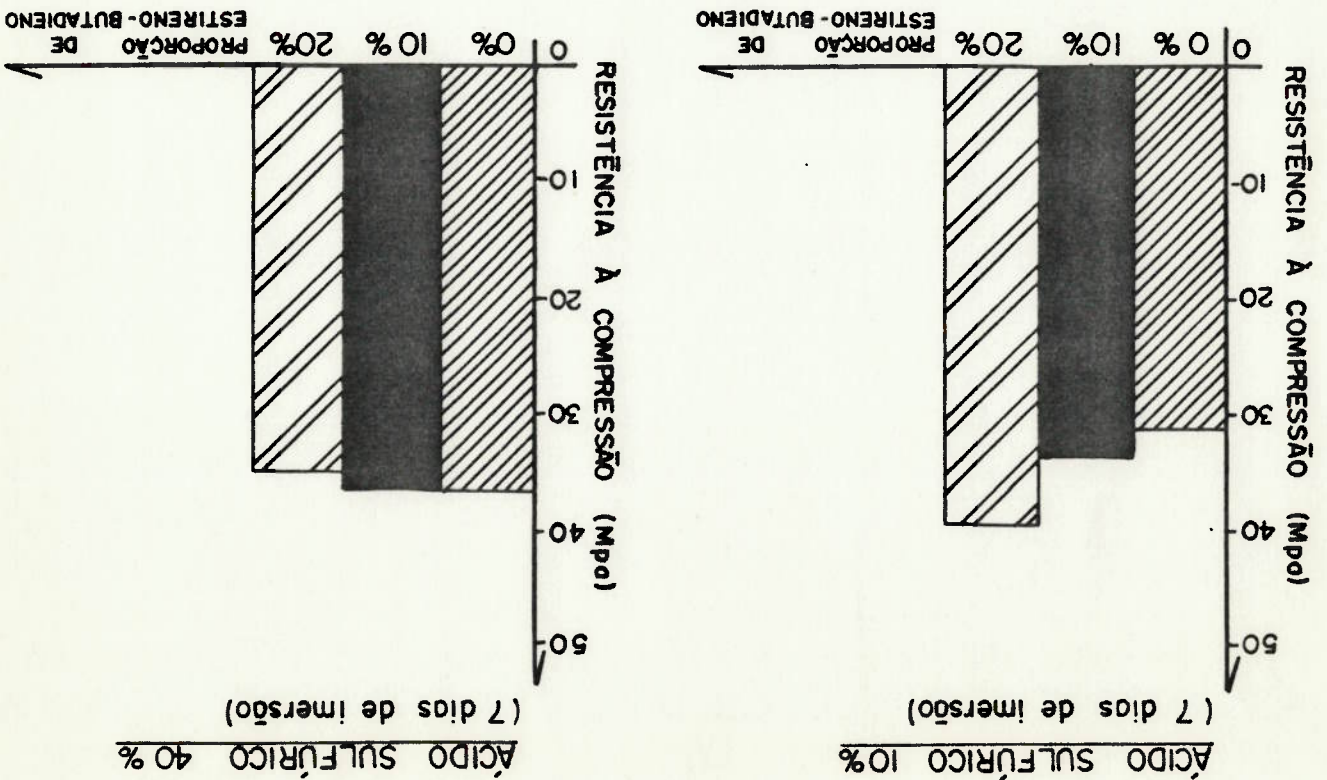




Figura 6.25 - Efeitos da proporção e estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em hipoclorito de sódio.

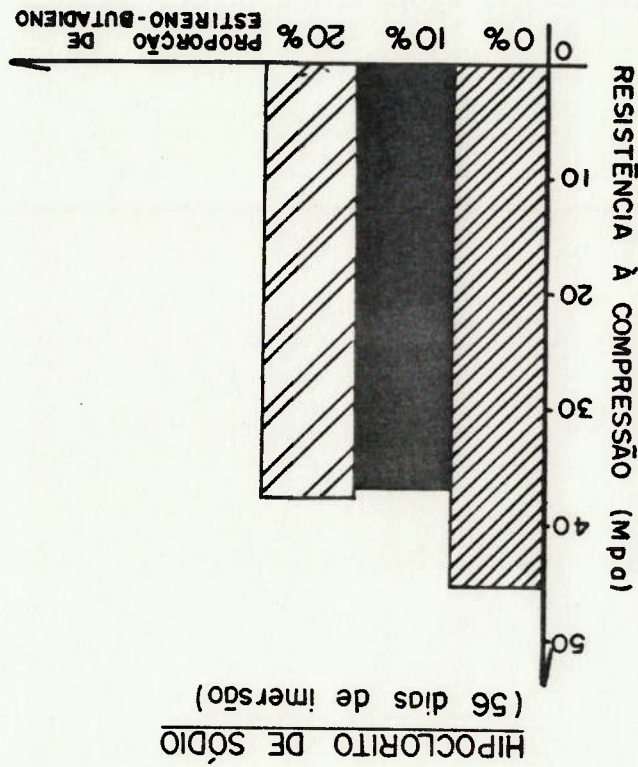


Figura 6.24 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em hidróxido de sódio.

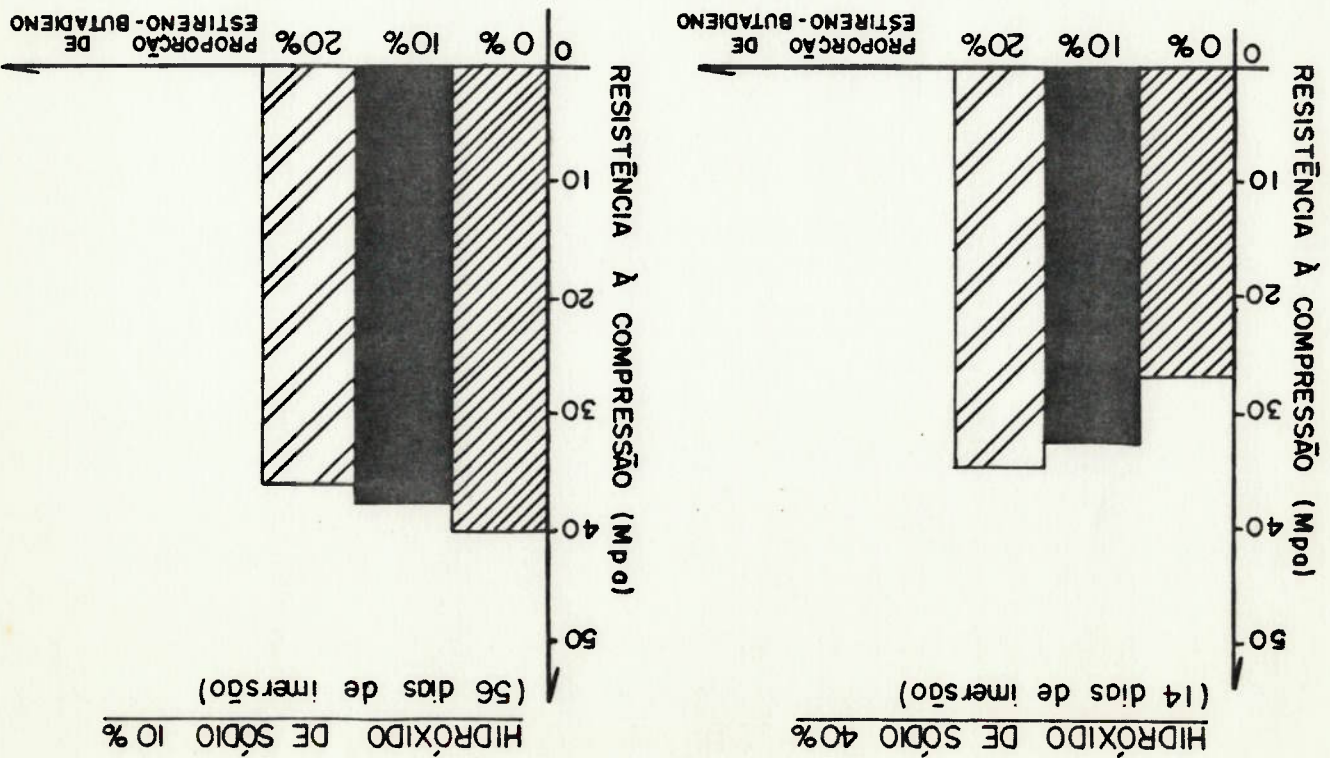


Figura 6.26 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em óleo lubrificante

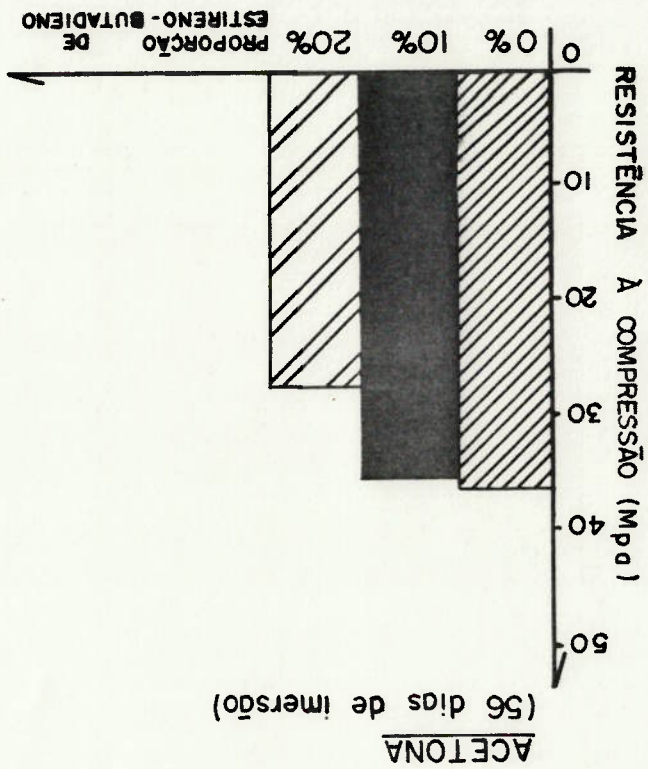


Figura 6.27 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em acetona

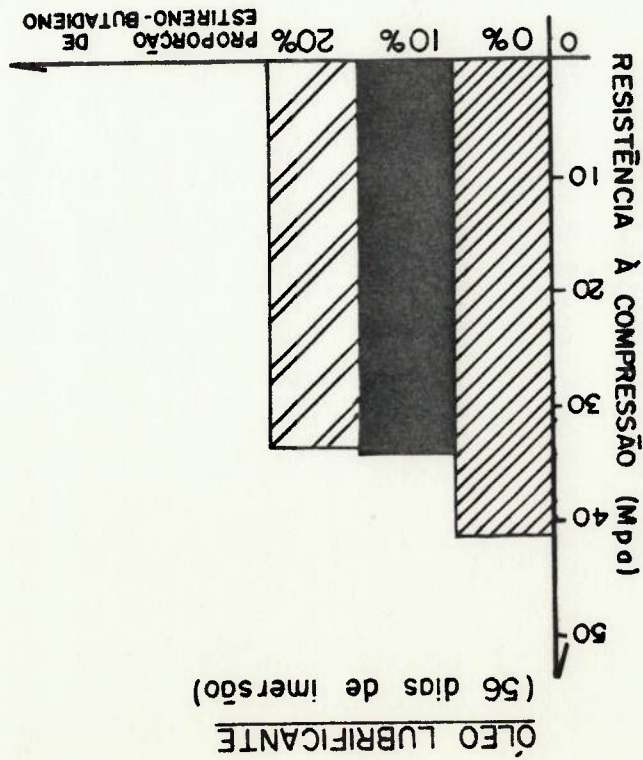


Figura 6.29 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na resistência à compressão com concretos imersos em álcool etílico.

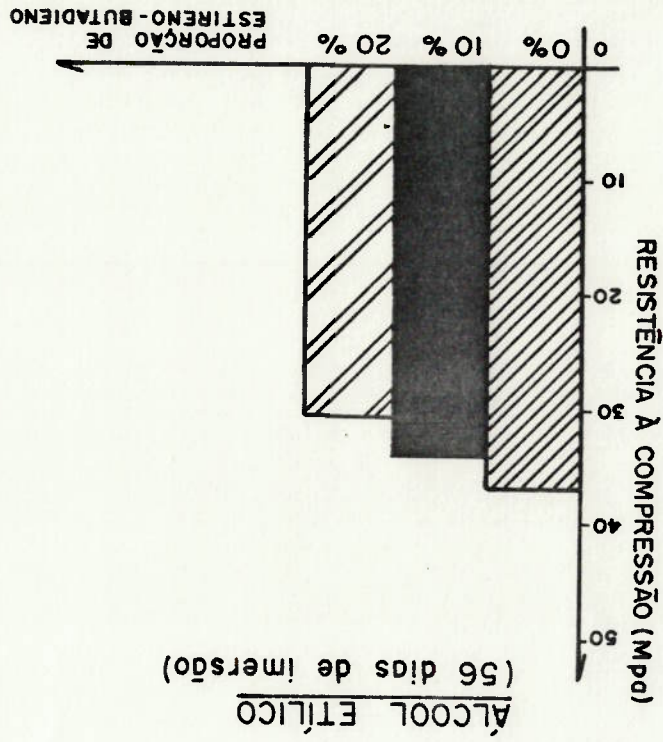


Figura 6.28 - Efeitos da proporgão de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em gasolinas.

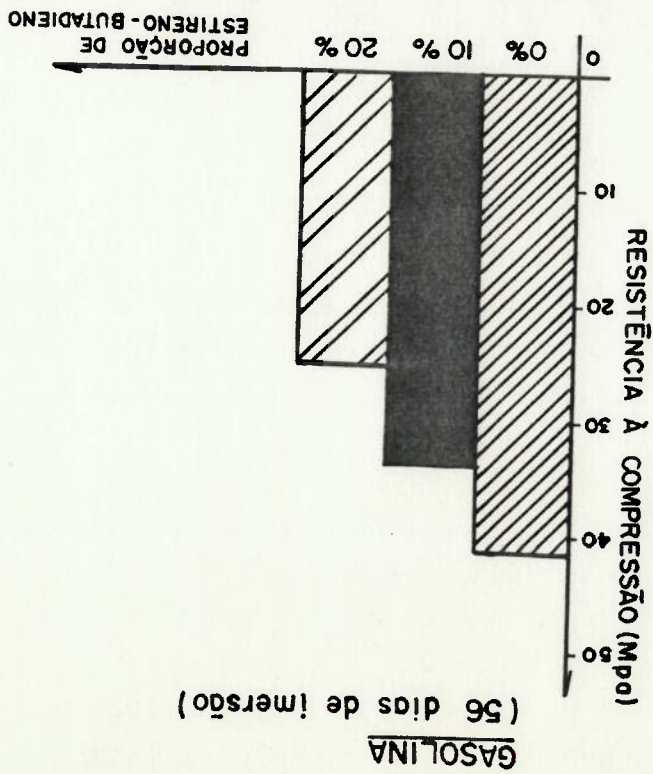




Figura 6.31 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em detergente.

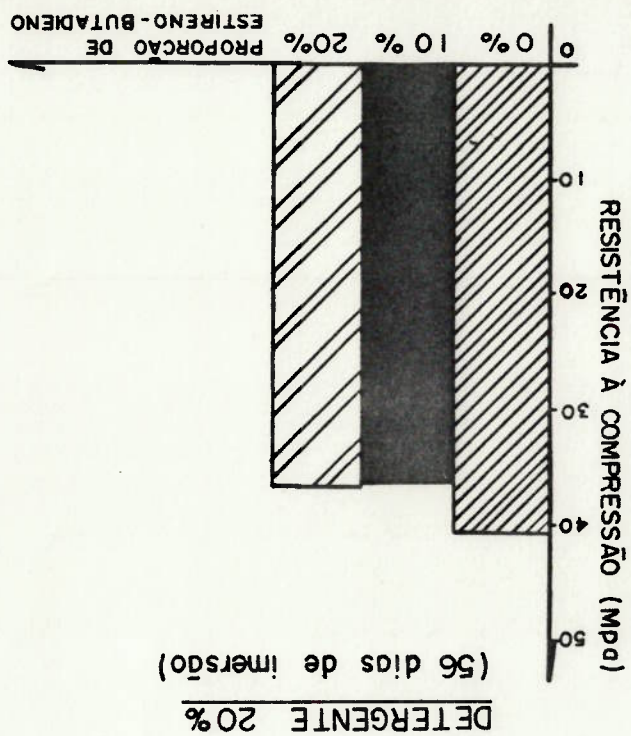
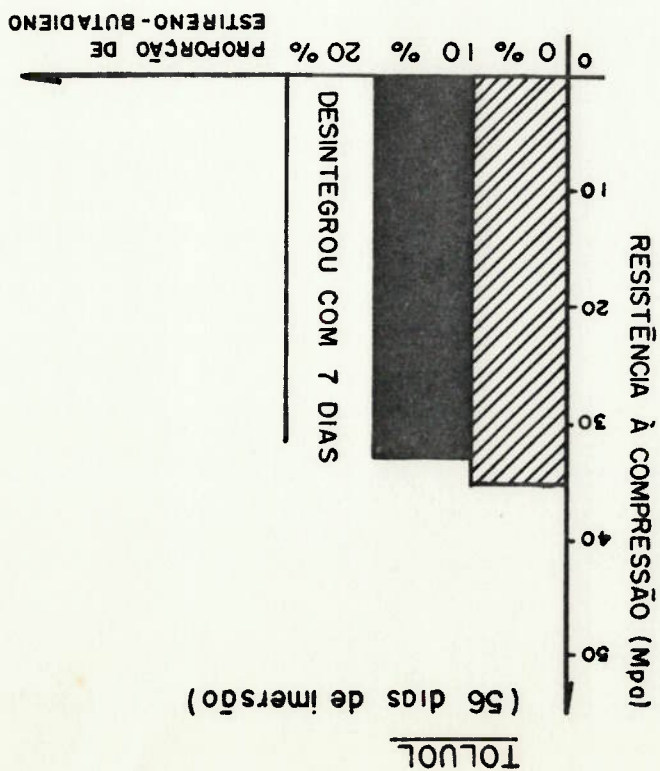


Figura 6.30 - Efeitos da proporção de estireno-butadieno na resistência à compressão em concretos imersos em Toluol.



#### 6.4.7. ADERÊNCIA

Este ensaio é uma adaptação do método desenvolvido pelo professor Y. Ohama (127) e os resultados estão na tabela 6.3.1 e nas figuras 6.33 e 6.34.

O procedimento para realização do ensaio foi o seguinte:

Os corpos de prova de referência foram barras prismáticas de 15 x 15 x 50 cm de concreto com cimento de alta resistência inicial, moldados e curados conforme determina a NBR-5738 (112).

Após 28 dias de cura em câmara úmida, estas barras prismáticas foram partidas ao meio e novamente colocadas nas formas,

tendo-se o cuidado de saturá-las com água. A metade restante foi preenchida com os concretos modificados com latex estireno-butadieno em uma única camada e adensados em um ponto.

Após esta fase, as formas foram colocadas em câmara úmida e os prismas desmoldados após 24 horas.

Os prismas de concreto sem adição de estireno-butadieno permaneceram na câmara úmida até 28 dias de idade e os prismas com concretos modificados com latex estireno-butadieno foram mantidos nas condições termo-higrométricas de laboratório (23°C; 65% U.R.), até atingir a mesma idade.

Este prisma, já curados, foram submetidos ao ensaio de tração na flexão conforme a norma ASTM C-78 - Test for Flexural Strength of concrete (121) aos 3 e 28 dias do novo período de cura, observando a carga de ruptura na emenda do concreto. Na figura 6.32 podemos observar o esquema do ensaio.

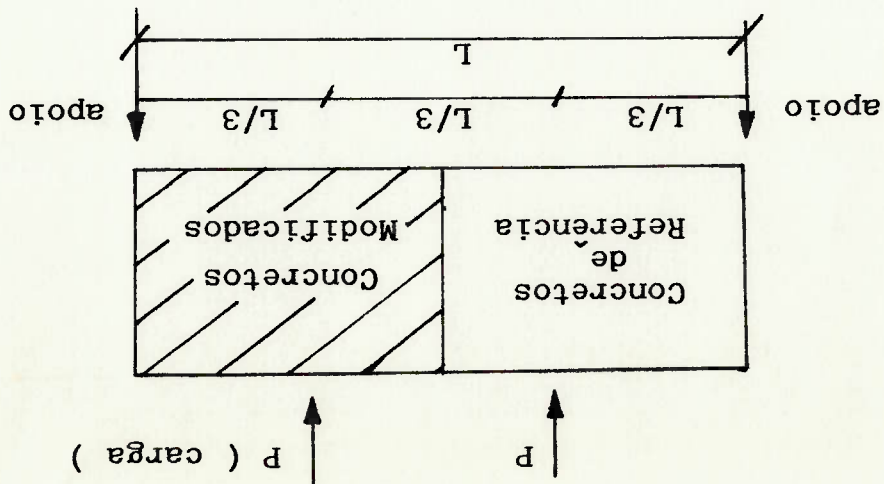


Figura 6.32 - Esquema do corpo de prova na flexão para o ensaio de fragão, conforme a norma ASTM C-78

Tabela 6.31 - Aderência dos concretos modificados com látex es-tireno-butadieno, conforme norma ASTM C7-78.

CONCRETOS	DIMENSÃO MÁXIMA DO ÁGREGADO (mm)	CARACTERÍSTICA DE CIMENTO	CONSUMO DE CIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	ADERÊNCIA (Mpa)	
				3 DIAS	28 DIAS
REFERÊNCIA	9,5	320	450	1,40	2,10
	19	380	450	1,50	2,20
	25	320	450	1,40	2,10
ADICÃO DE 10% DE ESTIRENO-BUTADIENO	9,5	320	450	1,40	2,10
	19	380	450	1,50	2,20
	25	320	450	1,40	2,10
ADICÃO DE 20% DE ESTIRENO-BUTADIENO	9,5	320	450	1,40	2,10
	19	380	450	1,50	2,20
	25	320	450	1,40	2,10



Figura 6.33 - Efeitos da proporção de estireno-butadiêno na tração a flexão para determinação da aderência em concretos modificados com 3 dias de moldagem, conforme norma ASTM C-78.

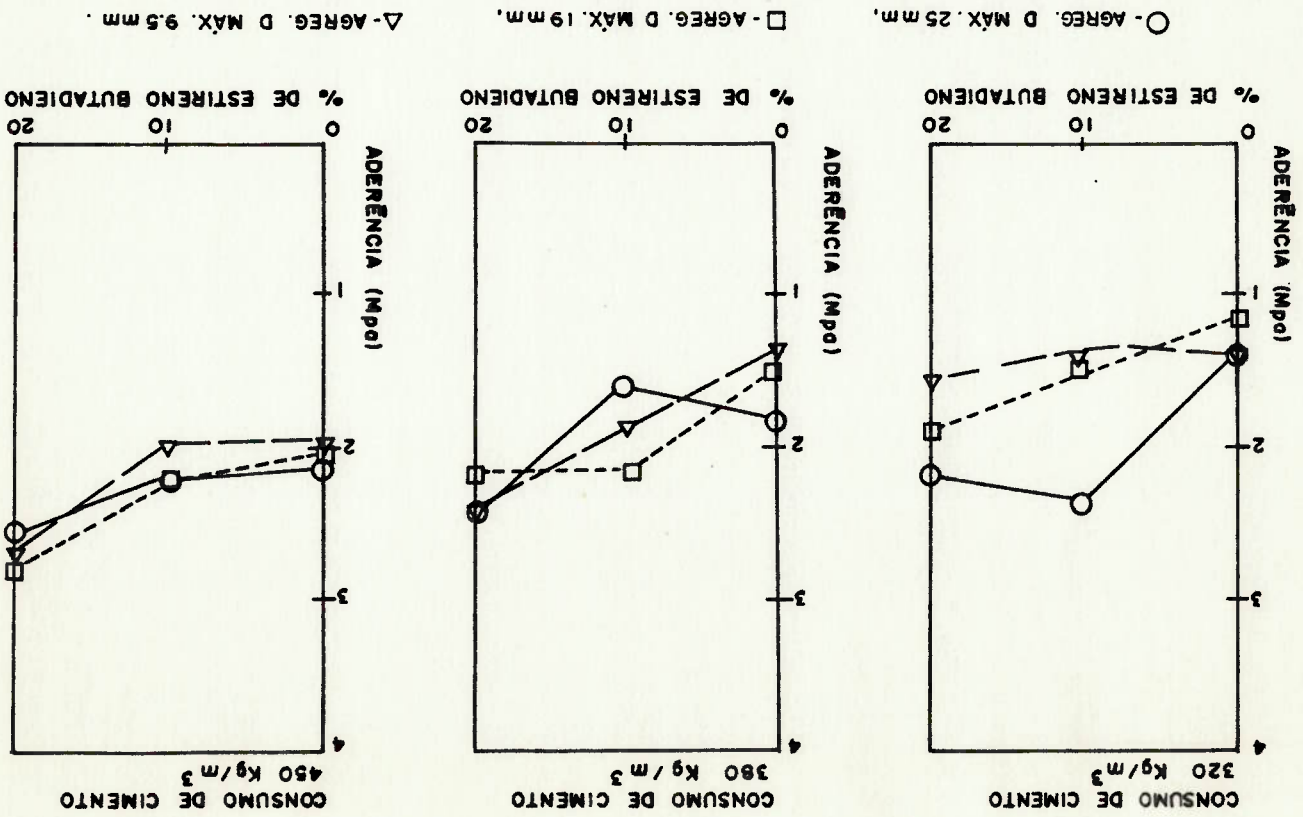
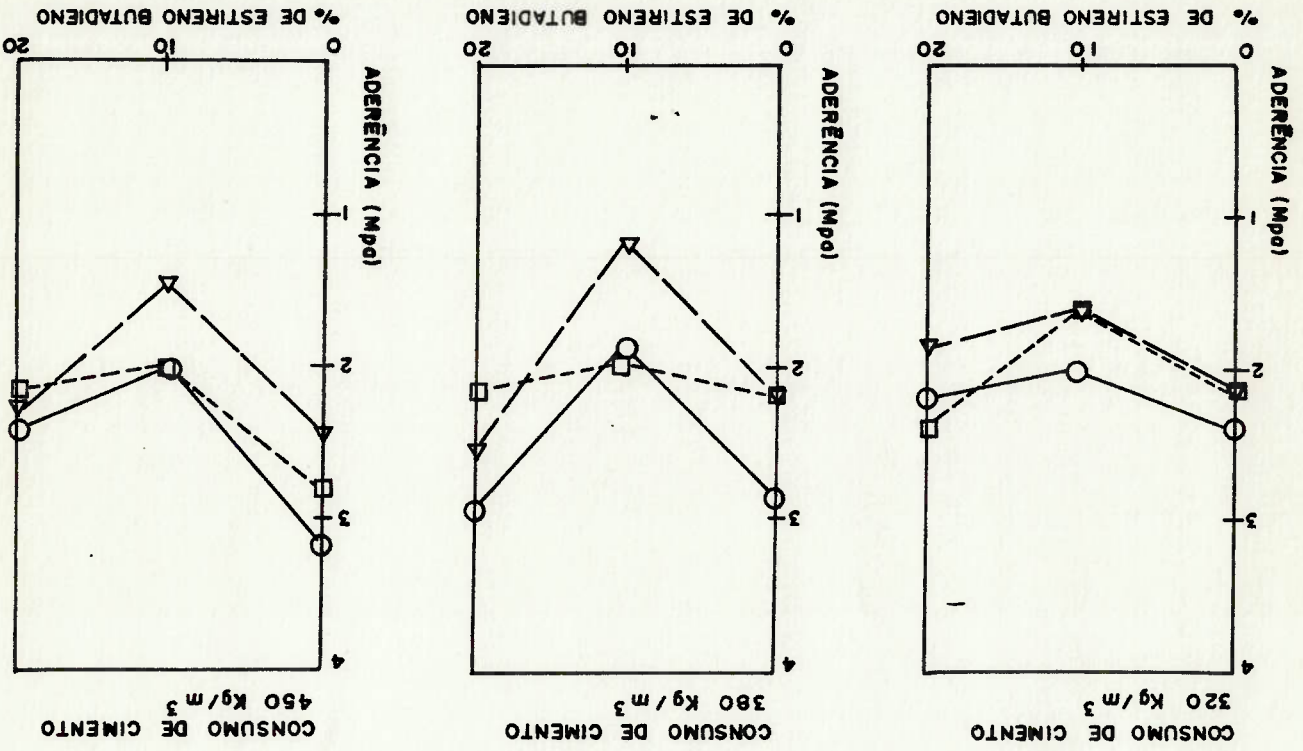


Figura 6.34 - Efeitos da proporção de estireno-butadiêno na tração a flexão para determinação da aderência em concretos modificados com 28 dias de moldagem, conforme norma ASTM C-78.



#### 6.4.8. RETRAÇÃO POR SECAGEM

Este ensaio está baseado na norma ASTM C-157 "Length Change of Hardened Cement Mortar and concrete (128) e tem por objetivo determinar a variação linear do comprimento dos corpos de prova com o tempo. Os resultados estão nas tabelas 6.32, 6.33 e 6.34 e nas figuras 6.23 a 6.34

Os corpos de prova após 24 horas da moldagens, foram limpos e imediatamente efetuada a medida do comprimento da leitura inicial

Os corpos de prova do concreto de referência foram curados e imersos em água até os 28 dias de idade e os corpos de prova de concreto com adição de 10% e 20% de estireno-butadieno foram mantidos em condição termo-higrométrica de laboratório (23°C, 65% UR) até os 21 dias de idade após esta data até os 28 dias imersos em água na câmara úmida.

Tabela 6.32 - Retração por secagem em concretos com 0% de adição de estireno-butadieno, conforme ASTM C-157.

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAUÃO	25 mm			19 mm			9,5 mm		
	CONSUMO DE CIMENTO kg/m <sup>3</sup>			CONSUMO DE CIMENTO kg/m <sup>3</sup>			CONSUMO DE CIMENTO kg/m <sup>3</sup>		
	320	380	450	320	380	450	320	380	450
4 DIAS	+0.001	+0.005	+0.003	+0.002	0.000	0.002	+0.005	0.002	0.005
7 DIAS	0.003	0.000	0.002	0.000	0.001	0.009	+0.002	0.006	0.010
14 DIAS	0.004	0.004	0.009	0.008	0.010	0.015	0.004	0.008	-
28 DIAS	0.012	0.014	0.018	0.015	0.019	0.022	0.012	0.022	0.024
56 DIAS	0.018	0.020	0.020	0.023	0.025	0.034	0.020	0.028	0.030
112 DIAS	0.030	0.024	0.024	0.027	0.028	0.035	0.029	0.035	0.037
224 DIAS	0.044	0.027	0.027	0.032	0.033	0.033	0.034	0.041	0.044



Tabela 6.33 - Retração por secagem em concretos com 10% de adigão de estireno-butadieno, conforme ASTM C-157.

DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAU DO	25 mm		19 mm		9,5 mm					
	CONSUMO DE CIMENTO kg/m <sup>3</sup>		CONSUMO DE CIMENTO kg/m <sup>3</sup>		CONSUMO DE CIMENTO kg/m <sup>3</sup>					
	320	380	320	380	320	380				
IDADES	4 DIAS	0.005	0.007	0.009	0.008	0.011	0.013	0.001	0.001	0.011
	7 DIAS	0.009	0.011	0.010	0.009	0.013	0.016	0.001	0.003	0.012
	14 DIAS	0.011	0.012	0.013	0.013	0.016	0.019	0.006	0.011	0.019
	28 DIAS	0.016	0.020	0.020	0.017	0.021	0.024	0.016	0.016	0.024
	56 DIAS	0.017	0.020	0.023	0.021	0.028	0.021	0.020	0.017	0.025
	112 DIAS	0.023	0.026	0.024	0.026	0.029	0.027	0.028	0.027	0.031
	224 DIAS	0.028	0.028	0.029	0.033	0.034	0.031	0.035	0.033	0.033

Tabela 6.34 - Retração por secagem em concretos com 20% de adição de estireno-butadieno, conforme ASTM C-157.

IDADES	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAU DO							
	25 mm	19 mm	9,5 mm					
	CONSUMO DE CIMENTO kg/m <sup>3</sup>							
4 DIAS	0.005	+0.001	0.012	0.012	0.008	+0.005	0.003	0.009
7 DIAS	0.005	0.000	0.012	0.012	0.013	+0.005	0.003	0.010
14 DIAS	0.010	0.007	0.005	0.012	0.014	+0.001	0.010	0.010
28 DIAS	0.013	0.013	0.006	0.012	0.012	0.005	0.016	0.017
56 DIAS	0.016	0.015	0.010	0.018	0.020	0.011	0.022	0.017
112 DIAS	0.021	0.022	0.013	0.024	0.027	0.019	0.030	0.023
224 DIAS	0.021	0.022	0.014	0.023	0.024	0.022	0.034	0.023



Figura 6.37 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 320 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax 9,5 mm.

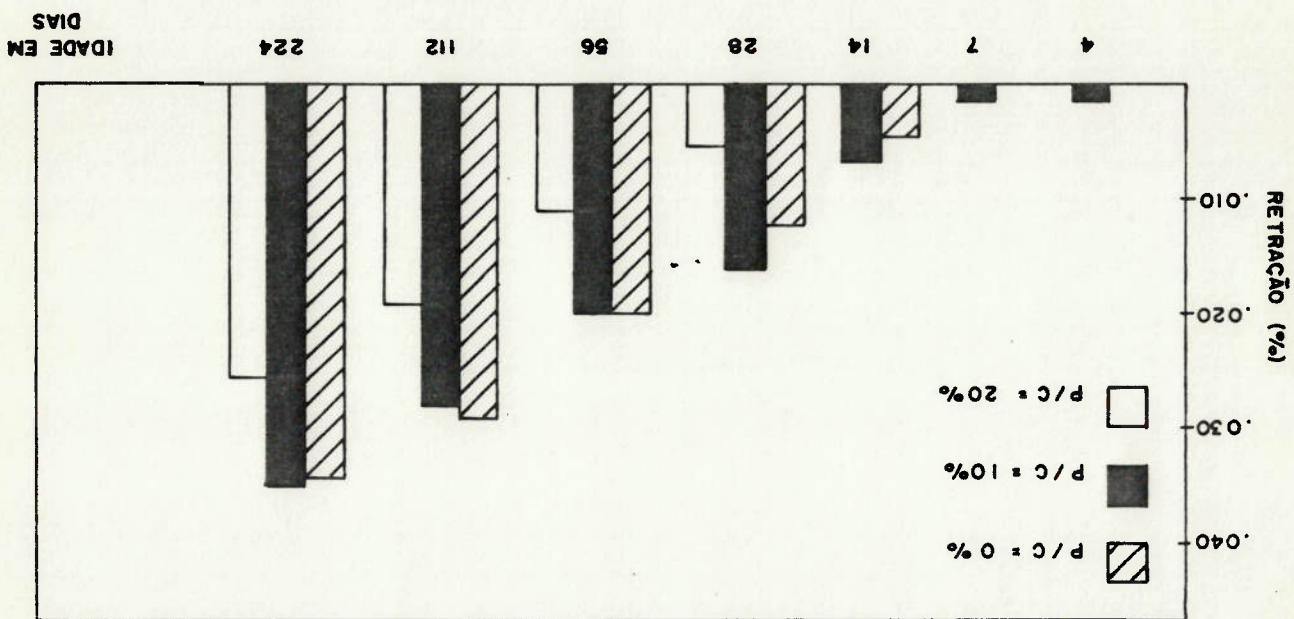


Figura 6.36 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 320 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax 19 mm.

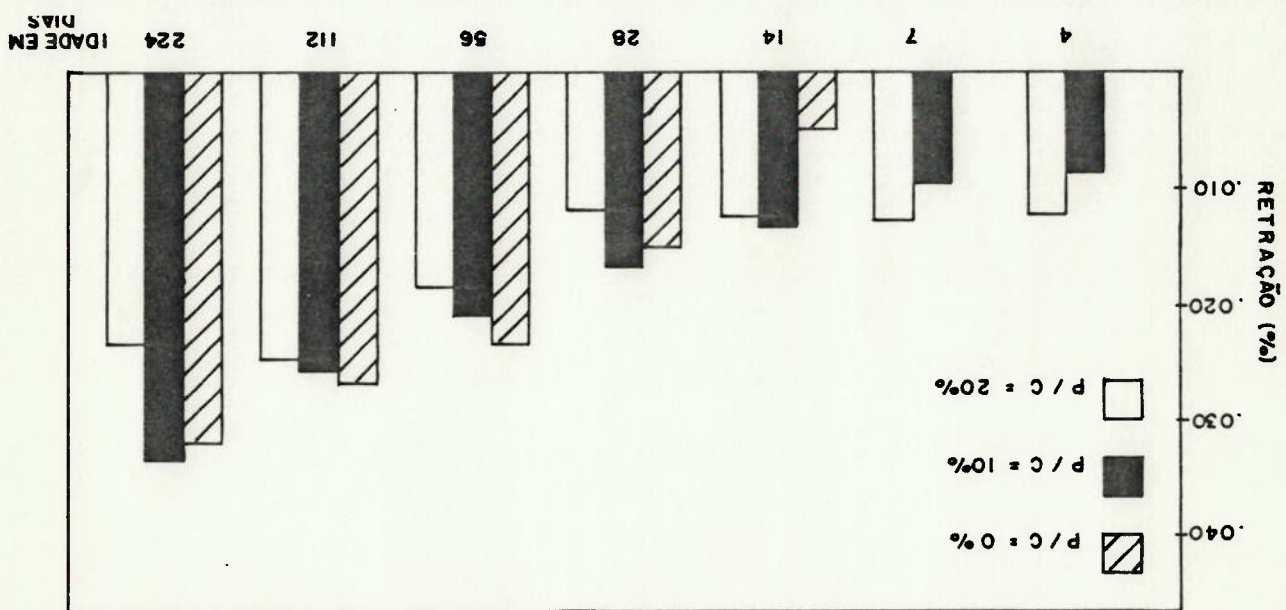


Figura 6.35 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 320 Kg/m<sup>3</sup> agregado com Dmax 25 mm.

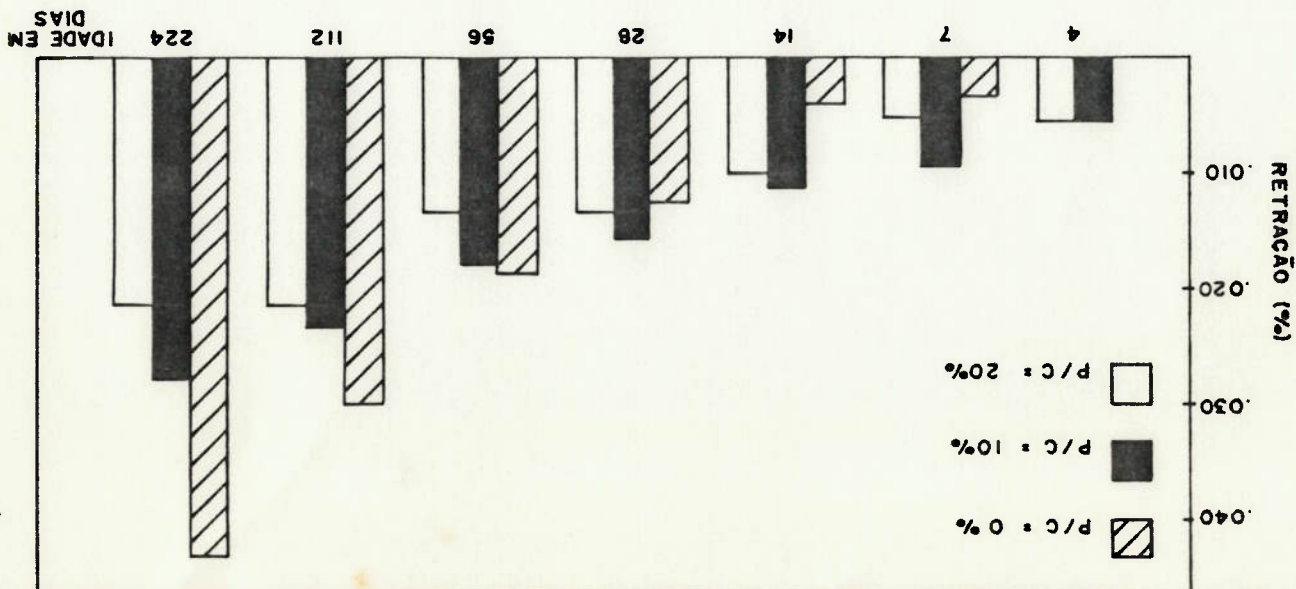




Figura 6.40 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 380kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax 9,5 mm.

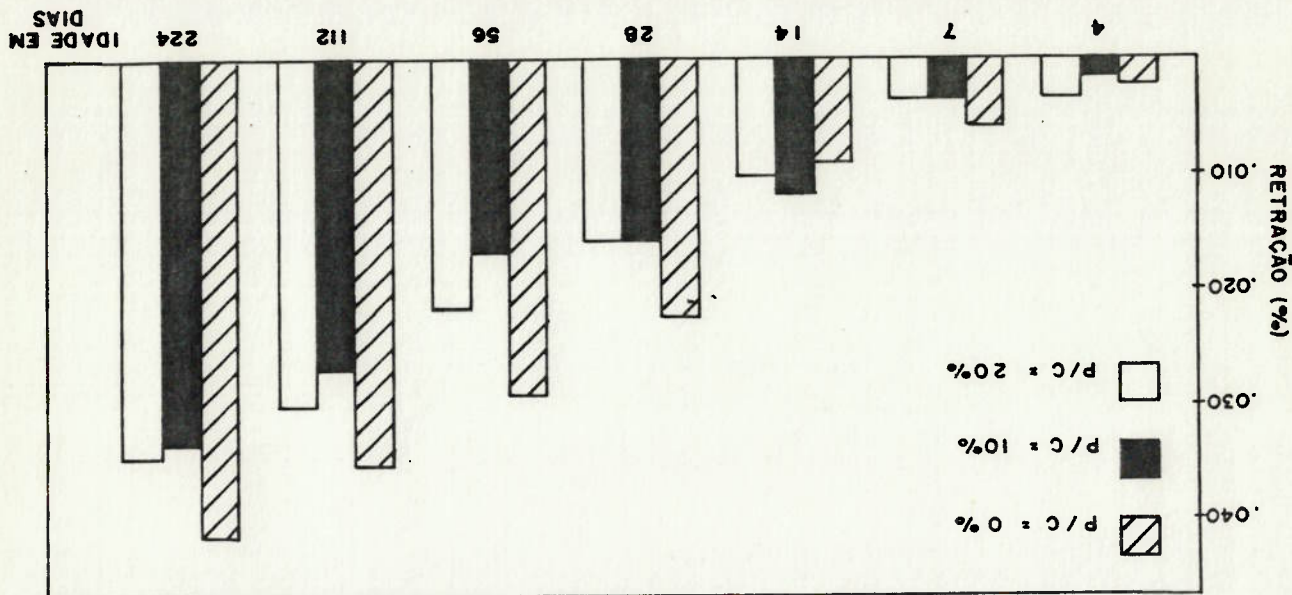


Figura 6.39 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 380kg/m<sup>3</sup> e agregado Dmax 19 mm.

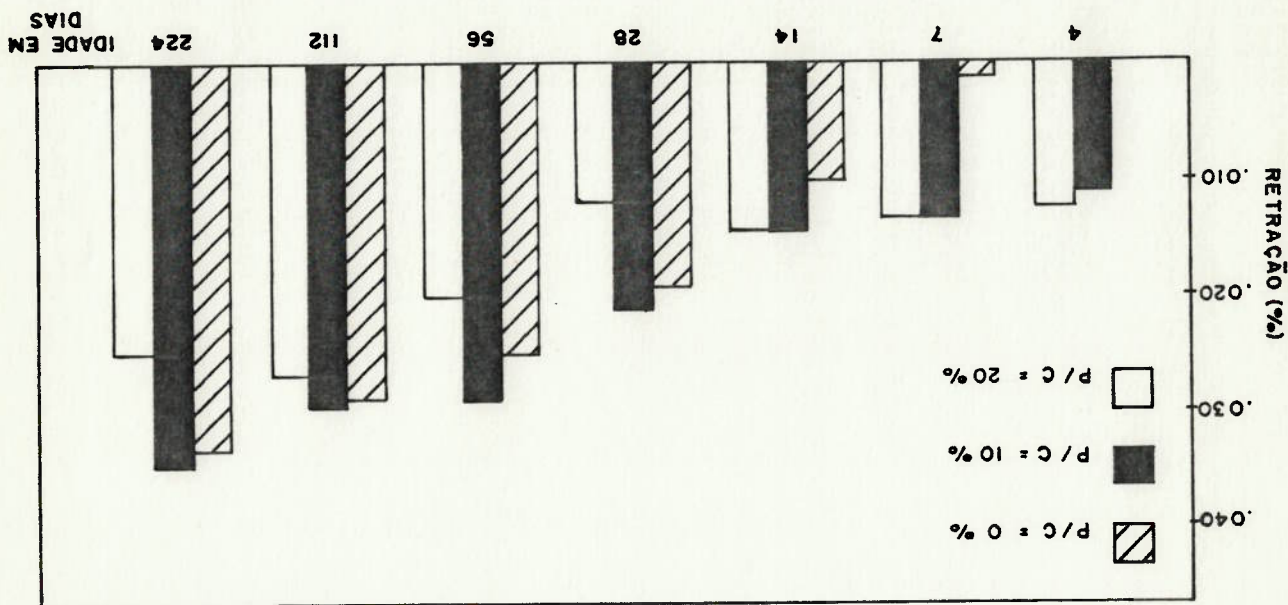


Figura 6.38 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 380 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax 25 mm.

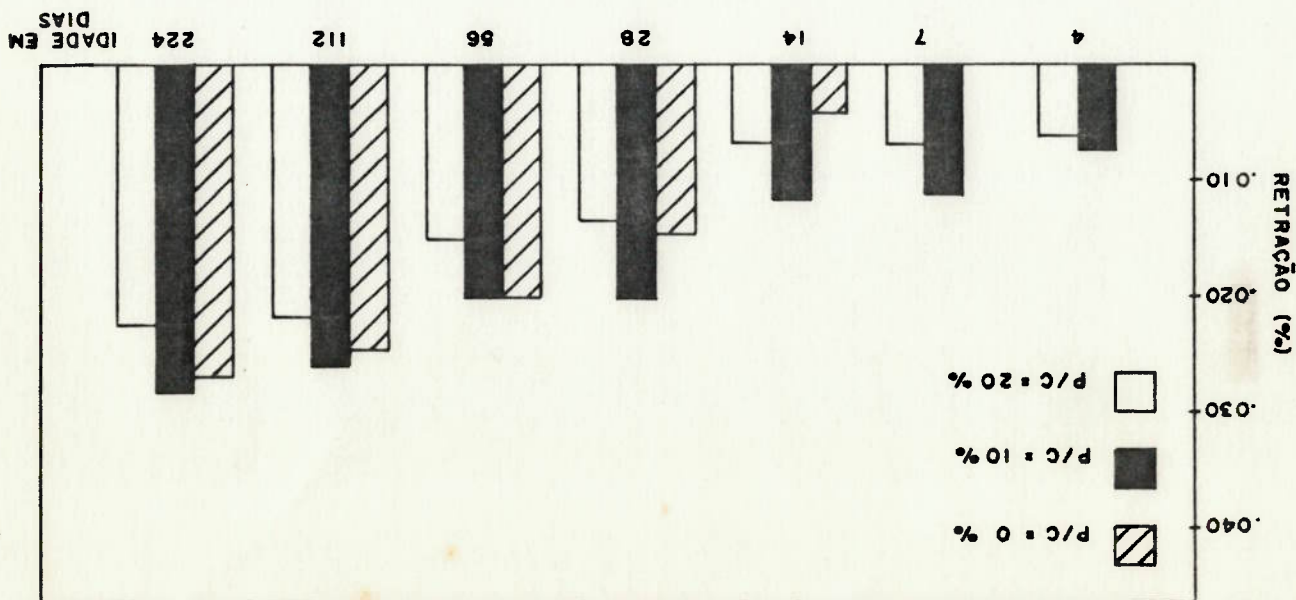


Figura 6.43 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 450 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax 9,5 mm.

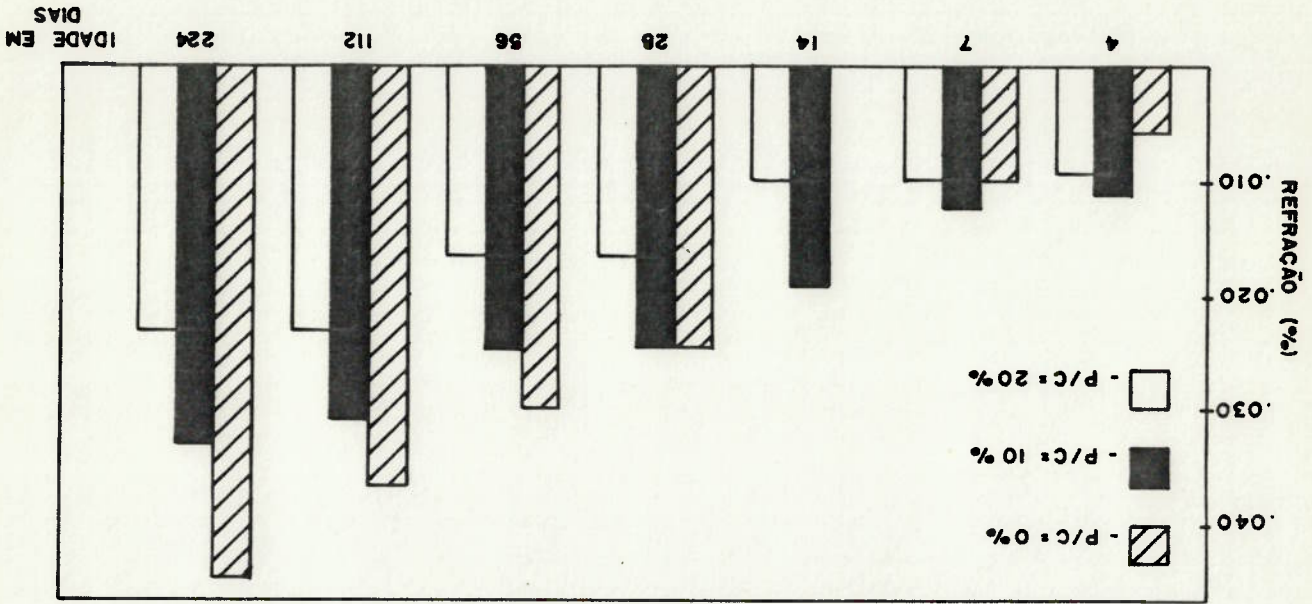


Figura 6.42 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 450 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax 19 mm.

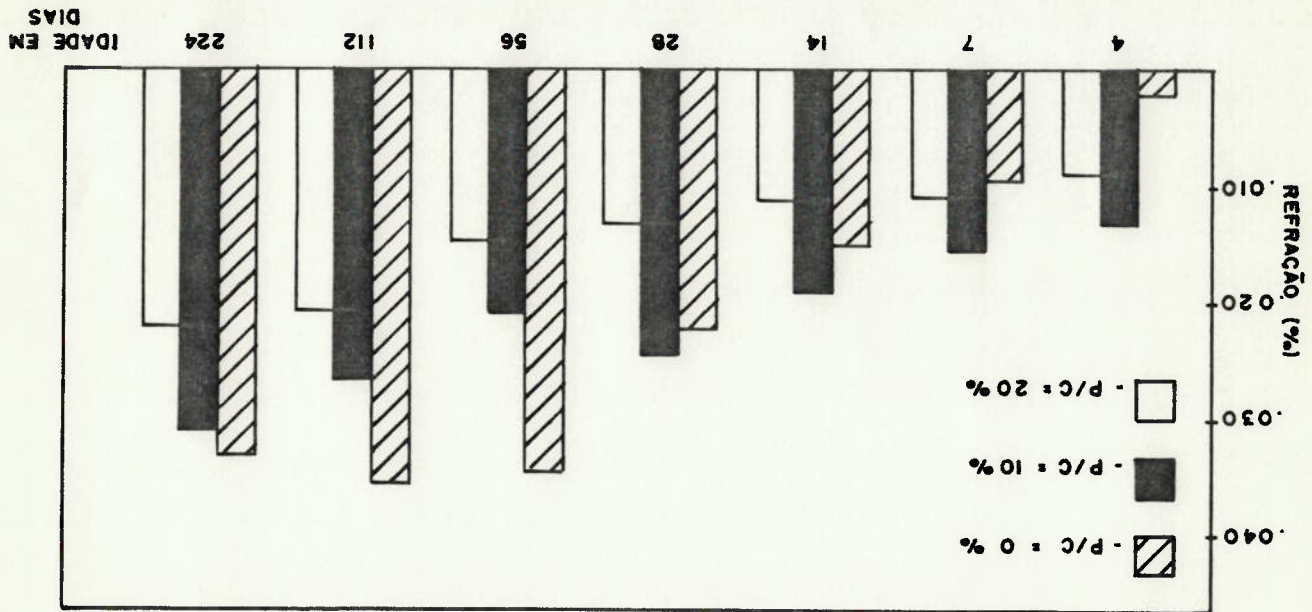


Figura 6.41 - Retração por secagem dos concretos com consumo de cimento de 450 Kg/m<sup>3</sup> e agregado com Dmax 25 mm.

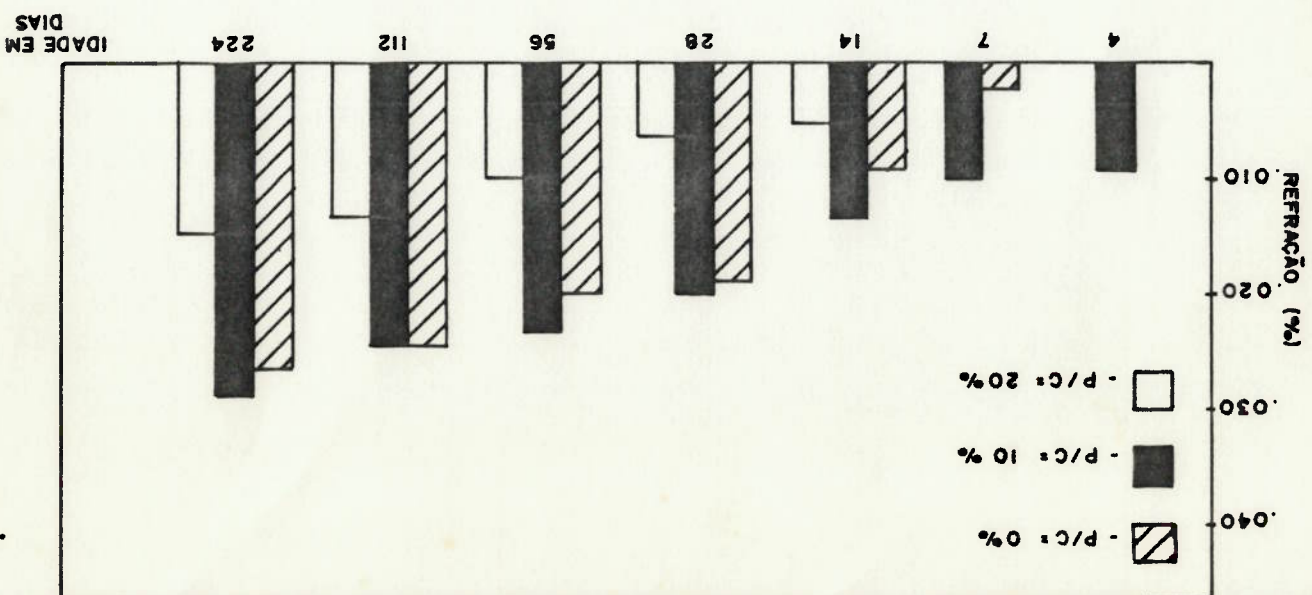




Figura 6.46 - Retração por secagem dos concretos com Dmax 9,5 mm e idade de 224 dias.

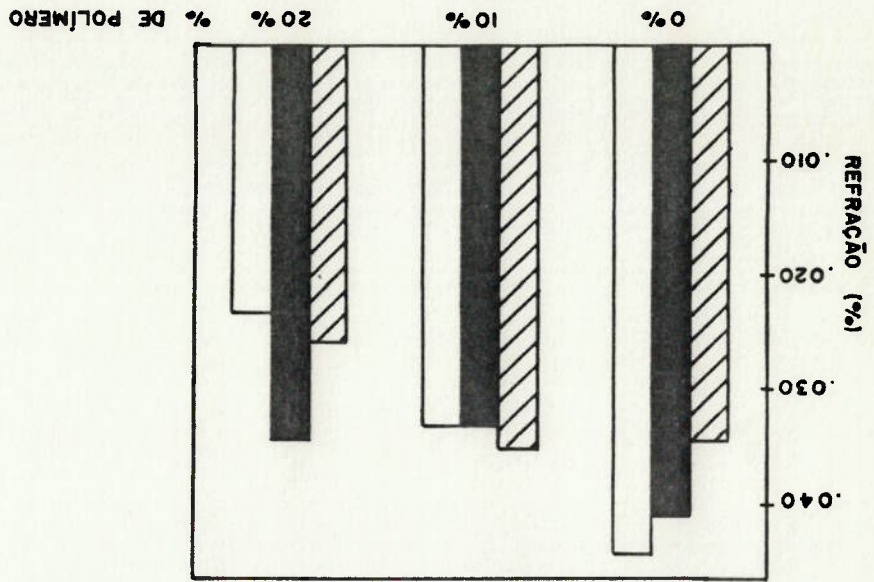


Figura 6.45 - Retração por secagem dos concretos com Dmax 19 mm e idade de 224 dias.

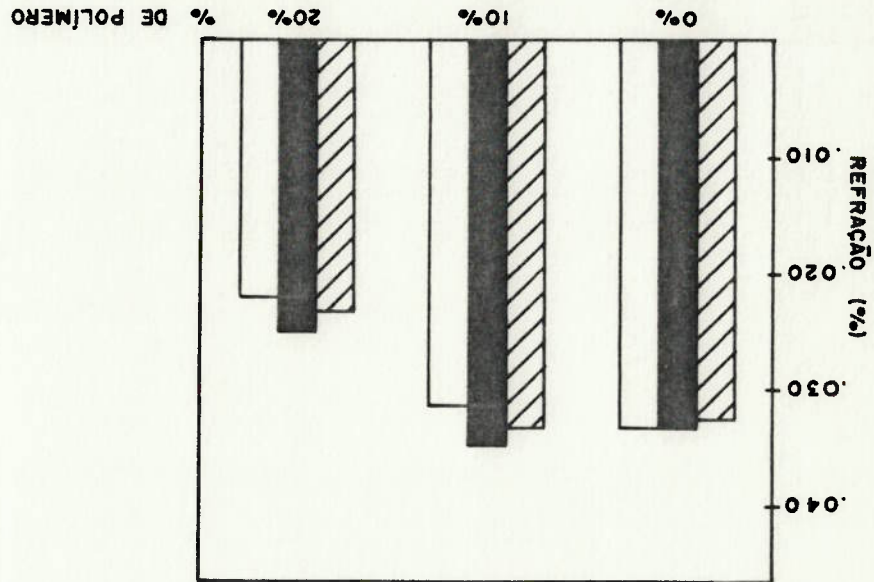
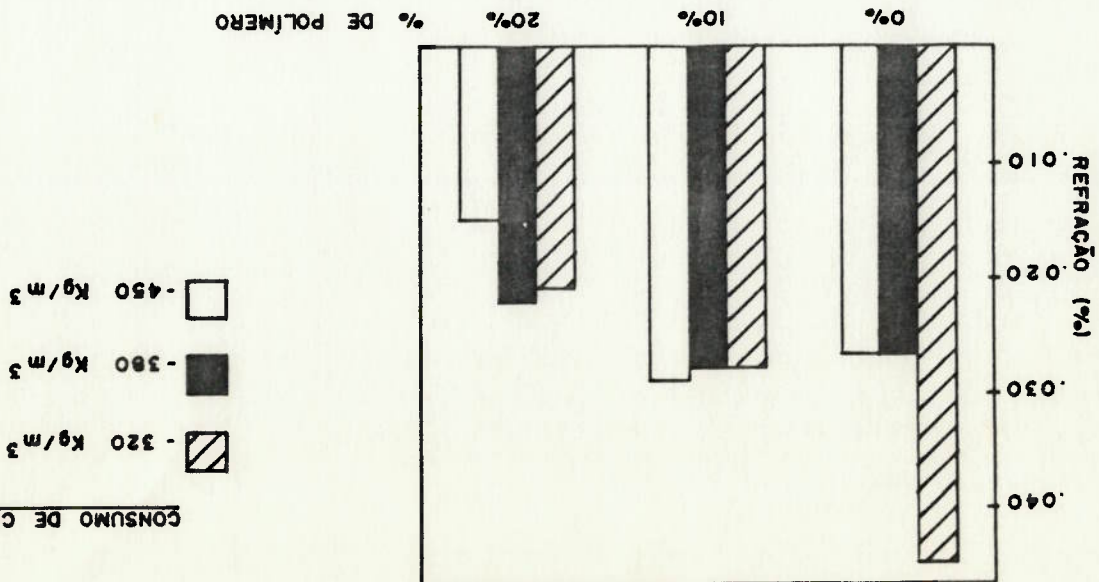


Figura 6.44 - Retração por secagem dos concretos com Dmax 25 mm e idade de 224 dias.





## CONCLUSÃO

1. O meio técnico brasileiro possui poucas informações sobre os polímeros e sobre o desempenho dos concretos de cimento e polí-mero, o que restringe as atividades de especificação e seleção de materiais, bem como da integração deste concreto com as ne-cessidades específicas de uma obra de piso industrial ou pavi-mento.  
2. Há uma redução da água de amassamento com o aumento do teor de polímero e do consumo de cimento, para uma mesma trabalhabilidade, sendo esta redução da água de amassamento de até 50%, quando comparado o concreto modificado com o concreto de refe- rência.  
A adição de látex estireno-butadieno ao concreto de cimento portland, elimina o fenômeno da exsudação e apresenta um con- creto coeso.  
Apesar de existir um retardamento do início de pega, de cerca de 2 horas, nos concretos com adição de estireno-butadieno em alguns casos, o intervalo até o fim de pega não foi modificado. A massa específica não foi alterada para os concretos com estí- reno-butadieno e somente nos concretos com agregado de dimen- são máxima 25 mm e com adição de 20% de estireno-butadieno, existe uma incorporação de ar de cerca de 2%.  
Portanto, permite concluir que para uma mesma trabalhabilidade o concreto modificado, tem um relação A/C menor, um concreto coeso e sem exsudação, o que aumenta a probabilidade do concre- to com adição de estireno-butadieno ser mais durável.  
3. Em todos os concretos modificados, a resistência à tração na- ta em todas as idades, cerca de 35%, quando comparados aos de re-

Referência.

A resistência à compressão nos concretos de látex estireno-butadieno, em geral, teve seu valor máximo com o teor de 10% de adição de estireno-butadieno.

O módulo de elasticidade diminui com o aumento do teor de estireno-butadieno, principalmente nos concretos modificados, com agregado de menor dimensão máxima.

Em todos os concretos com adição de estireno-butadieno, a absorção de água por imersão diminui até 50% quando comparada aos concretos sem adição. Este fato também ocorre com o índice de vazios.

A resistência à abrasão dos concretos modificados aumenta cerca de 70% com o aumento do teor de estireno-butadieno e da dimensão máxima do agregado, quando comparados aos concretos de referência.

A retração por secagem dos concretos com adição de estireno-butadieno, diminui em até 50%. O aumento do consumo de cimento não modifica a retração por secagem nos concretos modificados. O aumento da resistência à flexão, à abrasão e a diminuição do módulo de elasticidade, índice de vazios e absorção de água dos concretos de cimento e estireno-butadieno, tornam este material adequado para aplicação em pisos industriais e pavimentos.

4. A resistência aos ácidos sulfúrico 10% e 40%, acético 3% e 10% dos concretos sem adição de látex apresenta já aos 7 dias de imersão um severo ataque. Enquanto que nos concretos com adição de 20% de estireno-butadieno, ocorre somente um pequeno amarelamento do líquido, salvo aquele que ficou imerso em ácido sulfúrico 40%.

Todos os corpos de prova imersos em hipoclorito de sódio 3% e hidróxido de sódio 10%, não apresentam ataque.

Os corpos de prova sem adição, imersos em hidróxido de Sódio 40% apresentam aos 14 dias de imersão moderado ataque, enquanto que os corpos de prova com adição de estireno-butadieno não apresentam nenhum ataque.

Quanto aos solventes orgânicos, somente a adição de 20% de estireno-butadieno apresenta ataque químico.

Em vista destes resultados, o concreto de cimento e estireno-butadieno é adequado para pisos industriais, sujeitos à ação dos agentes agressivos ensaiados, bem como para recuperação de partes danificadas.



REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. NEVILLE A.M. Propriedades do concreto. São Paulo Pini Editio-  
ra 1982.
2. RAMACHANDRAN, V.S. Concrete Admixtures Handbook Properties,  
Science and Technology - New Jersey Noyes, 1984
3. TEZUKA Y. Concretos polímeros -- publicação especial Nº5, São  
Paulo, Instituto de Pesquisa Tecnológica, 1979
4. CRESSON L. British Patent 191,474; Jan.12. 1923
5. LEFEBURE V.; British patent 217, 279; June 5, 1924
6. KIRKPOTRICK, S.M.; British Patent 242,345; Nov.6,1925
7. R.CRITCHLEY LTD. AND BOND, A.E; British Patent 369,56; March 17  
1932
8. RODWELL, A.G.; German Patent 680,312; Aug. 29, 1939
9. COOKE, G.B.; U.S. Patent 2,227533; Jan, 1941; assigned to Crown  
Cork & Seal Co., Inc.
10. JAENICKE, J., KNOOP, H., MIEDEL, H., AND SCHWEITZER, O., U.S.  
Patent 2,311,233; Feb.16, 1943 Assignend to American Lurgi Cor-  
poration.
11. GRIFFITHS, L.H., Floor Surfacing for Food Processing Plants  
Food Manufacture 26(9) : 369-372-1951.
12. STEVENS, W.H., Latex Processes and Potentials. Rubber Deve-  
lopments (3) 10-13-1948.
13. GEIST, J.M.; AMAGNA, S.V., AND MELLOR, B.B.; Improved Portland  
Cement Mortars with Polyvinyl Acetate Emulsions. Industrial  
and Engineering Chemistry 45(4) : 759-767 - 1953 .
14. TEZUKA, Y. Concreto de Cimento e Polímero, São paulo, Associa-  
ção Brasileira de Cimento Portland, 1988
15. ANON., Dow Latex 560 for Portland Cement Compositions, Midland  
Michigan: The Dow Chemical Co. - 1959

16. ANON., Rhoplex MC-4530, Cement Mortar Modifier, Philadelphia  
Rohm & Hass Co, 1964
17. TYLER, O.Z., and DRAKE, R.S., Superior Strength Properties  
With Polymer-Modified Portland Cements, Adhesives Age, 4(9):  
30-39 (1961).
18. SANDERS, P.F., and MILLS, G.; U.S. Patent 3,043,790; July 10,  
1962; assigned E.I. du Pont de Nemours and Co.
19. EVANS, R.M.; U.S. Patent 3,196,122; JULY 20, 1965; assigned to  
the Master Mechanics Co.
20. SIEGEL, F.H.; U.S. Patent 3,197,428; JULY 27, 1965; assigned  
to American Cyanamid Co.
21. THE DOW CHEMICAL CO.; British Patent 1,1015,062; Dec. 31, 1965  
22. Mori, S., KAWANO, T., and OHAMA, Y.; Japanese Patent 426,551;  
May 27, 1964; assigned to Onoda Cement Co.
23. CHERKINSKII, Yu. S., Polymer-Tsementnyĭ Beton, Moscow; Gosu-  
darstvennoe Izdatel'stvo Literatury po Stroitel'stvu, Arkhite-  
kture i Stroitel'nyĭ Materialam (1960).
24. NAMIKI, M., and OHAMA, Y., Plastics Concrete.  
Kyoto: Kobunshhi Kanokai 1965.
25. SOLOMATOV, V.I., Polymer Tsementnye Betony i Plastbetony, Mos-  
cow: Izdatel'stvo Literatury po Stroitel'stvu-1967
26. SATALKIN, A.V., SOLNTSEVA, V.A., and POPOVA, O.S., Tsementno-  
Polimernye Betony Leningrad: izdatel'stvo Literatury po Stroi-  
tel'stvu 1971
27. PATUROEV, V.V., Tekhnologiya Polimerbetonov, Moscow: Stroiz-  
dat, 1977

28. WILSON, A.D., and CRISP, S., Organolithic Macromolecular Materials, London: Applied Science Publishers Ltd. (1977).
29. ACI COMMITTEE 548, POLYMERS IN CONCRETE, DETROIT: American Concrete Institute (1977).
30. WAGNER, H.B., Polymer-Modified Hydraulic Cements, Industrial and Engineering Chemistry, Product Research and Development, 4 (3): 191-196 (1965).
31. WAGNER, H.B., Compressive Strength of Polymer Modified Hydraulic Cements, Industrial and Engineering Chemistry, Product Research and Development, 5(2): 149-152(1966).
32. WAGNER, H.B., Hydration Limited, Polymer-Modified Hydraulic Cements, Industrial and Engineering Chemistry, Product Research and Development, 6(4). 223-231(1967).
33. WAGNER, H.B., and GREENLEY, D.G., Interphase Effects in Polymer Modified Hydraulic Cements, Journal of Applied Polymer Science 22(3): 813-822(1978).
34. PETRI, R., Kunststoffe-Dispersion für die Modifizieren Hydraulischer Bindemittel, Betonstein Zeitung, 29(9): 467-471(1963)
35. MORI, S., KAWANO, T., OHAMA, Y., KUNISAWA, S., and OKIKURA, M., Influences of Stability of Rubber Latexes on the Latex-Cement Mortars (Introduction Part I, Part II, Part III, and Part IV) Journal of Research of the Onoda Cement Company, 13(48)(49)(50) 102-130, 171-176 and 232-245(1961).
36. OHAMA, Y., IBE, H., MINER, H., and KATO, K., Cement Mortars Modified by SB Latexes with Variable Bound Styrene, Rubber Chemistry and Technology, 37(3): 758-769(1964).



37. OHAMA, Y., Formulas of Estimating the compressive Strength of Polymer-Modified Mortars, Proceedings of the Fifteenth Japan Congress on Materials Research, The Society of Materials Science, Japan, Kyoto, Japan, 151-153 (1972).
38. OHAMA, Y., Mix Design System for Polymer-Modified Mortars, Proceedings of the Second Australian conference on Engineering Materials, Sydney, Australia, 163-172(1981).
39. OHAMA, Y., Study on Properties and Mix Proportioning of Polymer Modified Mortars for Buildings, Report of the Building Research Institute, No. 65, Tokyo, Japan: Building Research Institute, (1973).
40. OHAMA, Y. Polymer Modified Mortars and Concretes, pp 339 in Ramachandran V.S., New Jersey, Noyes, 1984
41. NUTT, W.O., Polymer Cements, Plastics in Building Structure, Paper 13,83-88 (1966).
42. NUTT, W.O.; British Patent, 1,065,053; April 12, 1967; assigned to the Cement Marketing Co., Ltd.
43. DIKEOU, J.T., COWAN, W.C., DEPUY, G.W., SMOAK, W.G., WALLACE, G.B., STEINBERG M., KUKACKA, L.E., AUSKERN, A., COLOMBO, P., HENDRIE, J.M., AND MANOWITZ, B., CONCRETE-POLYMER MATERIALS (Third Topical Report), REC-ERC-71-6 and BNL 50275 (T602), pp 9-19, Bureau of Reclamations, Denver, and Brookhaven National Laboratory, New York (1971).
44. DONNELLY, J.H.; U.S. Patent 3,198,758; Aug. 3, 1965
45. DUFF, R.A.; U.S. Patent 3,753,849; Aug. 21, 1973
46. WAGNER, H.B., Methylcellulose in water-retentive hydraulic

47. FOWLER, DAVID W. Current Status of Polymers in Concrete. 5th International Congress on Polymers in Concrete, Brighton, 1987
48. KUHLMAN, L.A.; Performance History of Latex Modified concrete Overlays; Applications of Polymer Concrete, SP-69, American Concrete Institute - 1981.
49. KUHLMAN, L.A.; The Applications and use of Styrene-butadiene latex Modified Concrete, Fall Convention, American Concrete Institute, Baltimore, 1986.
50. OHOMA, Y.; SHIROISHIDA, K; Properties of Polymer Modified Mortar using powdered Emulsions, Polymer concrete, uses, Materials and properties, American Concrete Institute, SP-89, Detroit, 1985.
51. LAVELLE, J.A.; Acrylic Latex Modified Portland Cement, Fall Convention, American Concrete Institute, Baltimore, 1986.
52. The production Performance and potential of Polymers in Concrete. 5th International Congress on Polymers in Concrete, Brighton - 1987.
53. OHAMA, Y. Referencia (40), 340 - 1984
54. WAGNER, H.B., and GRENGLEY, D.G., Referencia (33), 821-822 1978.
55. SCHWIEBE, H.E., LUDWIG, V., and AACHEN, G.S., The Influence of Plastics Dispersions on the properties of Cement Mortars, Betonstein Zeitung 1 - 1969.
56. RILEY, V.R. and RAZL, I., Polymer Additives for Cement Composites: A Review, Composites, 5(1): 27 - 33 - 1974.
57. SATALKIN, A.V.; SOLNTSEV, V.A; POPOV. O.S. The Influence of Water soluble resin Addition on the principal qualities of Mortars and concretes. In: Les Resines de Synthese dans la Construction Eyrrolles, Paris, 1970.
58. COOK, D.J.; MORGAN, D.R.; SIRIVIVATNANON, V.; CHAPLIN, R.P. Hydration characteristics of premix polymer Cement Materials, Proceedings of the First International Congress on Polymer



- Concrete - London 1975
59. RAFF, F.A.V. and AUSTIN, H. "Epoxy Polymer Modified Concrete",  
 Polymers in Concrete, American concrete Institute Publication  
 SP-40, pp.339-545, Detroit, Michigan, / 1973.
60. "Synthetic Resins in building Construction", Proceedings Rilen  
 Symposium, Paris, 1967. ( Editions Eyrolles, Paris. 1970).
61. STEINBERG, M. Concrete Polymer Materials and Its Worldwide Deve-  
 lopment, American Concrete Institute, Publication SF 40, De-  
 troit, Michigan 1973.
62. DIKEOU, J.T. An Introduction to Polymers in Concrete. world  
 Construction, 28(8): 22-25, Aug. 1975.
63. HERMAN, MARK F. Encyclopedia of Polymer Science and Technology.  
 USA, Gaylord Associates Inc.
64. CHEN, W.F. and DAHL-JORGENSEN, E. " Stress-Strain Properties  
 of Polymer Modified concretes ", Polymer in concrete, American  
 Concrete Institute Publication SP-40. Detroit, Michigan, 1973.
65. KEIJGER, P.C. " Improvements of Concrete and Mortars by Adding  
 Resins ", Materials and Structures, vol. 1, n° 3, June 1968.
66. ALFREY, T. GURNEE, E. Polímeros Orgânicos. BLUCHER . Editora  
 da Universidade de São paulo. 1971
67. RILEY, V.R.; and RAZL, I., referência (56)
68. OHAMA, Y. referência (40), 347-1984
69. TEZUKA, Y. referência (14), 6 - 1988
70. FEICHMANN, H. Polymers dispersions for Cement and Concrete.
- Proceedings of the first congress of Polymer concrete- London -  
 1975.
71. FRANDISTON - YANNAS. S.A. and SHAH, S.P. " Polymer Latex Modi-  
 fied Mortar", American Concrete Institute Journal, vol. 69, pp  
 61-5, Jan. 1972.
72. EASH, D.R.; H. Reactions Of Polymer Latexes with Portland Ce-  
 ment. Transportation Research Record 542, pp 1-8, 1975.
73. KOLTHOFF, M , and STENGER, V.A. The Adsorptions of Cations from



- Ammoniacal solution by Silica Gel, Journal of Physical Chemis-  
try, 56: 2113-2126 -1932 .
74. OKADA, K and OHAMA, Y, Status of Concrete-Polymer composites  
in Japan in: 3rd International Congress on Polymers in Concre-  
te, Koryama - Japao - 1982.
75. KARAI, Y., MATSUI, I., and FUKUSHIMA, Y. Physical Properties of  
Polymer - Modified Mortars In: 3rd International Congress on  
Polymers in concrete, Koryama. Japao - 1982
76. ISENBURG, J.E. et al III - Microstructure and Strength of the  
bond between Concrete and Styrene-butadiene latex modified con-  
crete. Highway Research Record 370, pp 75-79, 1971
77. Dow Chemical Company. A Handbook on Portland Cement and Mortar  
Containing Styrene-butadiene latex. Midland, 1955.
78. OHAMA, Y., Development of Concrete Polymer materials in Japan.  
In: 2nd International congress on Polymer in Concrete, Austim  
USA - 1978.
79. KUHLMANN, L.A.; referencia (49) - 1986
80. OHAMA, Y.; referencia ( 40 ), 356-1984
81. TEZUKA, Y.; referencia ( 14 ), 12 - 1988
82. Lyse, I., Test on consistency and Strength of concrete having  
constant water content, Proceedings of the American Society for  
Testing Materials, 32 - Part 2: 629-636-1932
83. OHAMA, Y., NISHIMURA, T., Miyake , T., and Kans Proposed Mix  
Proportioning of Polymer Modified Concrete, In: 3rd Internatio-  
nal Congress on Polymer in Concrete, Koryama- Japao - 1982.
84. OHAMA, Y., referencia (39), 54,55 - 1973
85. OHAMA, Y., Miyake, T., and NISHIMURA , M., Properties of SBR -  
Modified Concrete / Architectural Institute of Japan - 1980
86. OHAMA, Y., MASAKI, S., and SHIROISHIDA K. , Comparison of Per-  
formance of Polymer dispersion for Cement Modifiers, Buiding  
Materials, proceedings of the 1980 - Europeans Conference, pp

- 97-105 The Construction press, Lancaster - 1980
87. ZIVICA, V. The Properties of Cement paste with the Admixture of Polyvinyl Acetate Emulsion, Bulletin Rilem, 121-128 - 1965.
88. OHAMA, Y., Improvement in Properties of Vinyl Acetate-Type Polymer-Modified Mortars, In: The Society of Materials Science Japan, Kyoto, Japan, 212 - 215 - 1970
89. TEZUKA, Y., referència (14) 14-1988
90. OHAMA, Y., and KAN, S., Effects of Specimen size on Strength and Drying Shrinkage of Polymer Modified Concretes, The International Journal of Cemete composites and Lightw eight concrete, 4-1982.
91. SHIROISHIDA, K., Durability of Polymer Modified Mortars, College of Engineering, Nihon University, 136-216, Koryama-Japan 1983
92. OHAMA, Y., referència (39), 190-192 - 1973.
93. DOW LATEXES 460 and 464 Improve the Properties of Portland Cement Mortars, Technical Bulletin, Dow Chemical Co., Midland, Michigan, 1973.
94. TYLER, O.Z. and Drake, R.S., referència (17) 30-39 - 1961.
95. OHAMA, Y., MASAKI, S., and SHIROISHIDA, K., referència (36), pp 103-104-1980.
96. GIERLOFF, M. Resin Dispersion Modified concrete under Traffic Simulation, In: 3rd International Congress on Polymers in Concrete - vol 1 - pp 291-310 - Koriyama, Japan - 1982.
97. TEZUKA, Y., referència (14), pag 17-1988
98. SOLOMATOV, V. I., referència (25) - 1967.
99. GEBAUER, J. and COUGHLIN, R.; W; "Preparation, Properties and Corrosion Resistance of composites of Cemete Mortar and Organic Polymers", Journal, Cement and concrete Research, vol, 1, nº2, March 1971.
100. OHAMA, Y., Durability Performance of Polymers - Modified Mortars, In : 2nd InternacionaI conference on Durability of Buildings,



- ding's Materials and components, Gathherberg, USA. 1981
101. Associação Brasileira de Normas Técnicas . NBR 5732 cimento Portland Comm.
102. ---- , NBR-7211 - Agregados para Concreto.
103. ---- , NBR - 7810 - Agregados em estado Compactado seco- De terminação da massa unitária - método de Ensaio.
104. American Society for Testing and Materials. ASTM C-128 - Espe- cific Gravity and Absortion of fine aggregate.
105. Associação Brasileira de normas Técnicas - NBR 7217. Determina- ção da composição granulométrica dos agregados.
106. American Society for Testing and Materials. ASTM C-127 - Espe- cific Gravity and Absortion of Large Aggregate.
108. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 8728 Latex Sin- tético - Determinação de Sólidos totais.
109. American Society for Testing and Materials ASTM-E70 - Text Methods for Ph of Aqueous solution with the glass electrod.
110. ---- , NBR - 9669 - Latex de Borracha de estireno-butadieno- determinação da tensão superficial.
111. ---- , NBR - 5829 - Tintas, vernizes e derivados. Determina- ção do massa específica.
112. ---- , NBR - 5738 - confecção de cura de corpos de prova de concreto Cilíndricos cu prismáticos.
113. W.H. GLAVILLE, A.R. COLLINS and D.D. MATTHEWS, The Grading of Aggregates and Workability of Concrete, Road Research Tech. Paper nº 5, Londres , 1947.
114. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7223 Consisten- cia do concreto pelo Abatimento do Tronco de cone.
115. DEUTSCHE NORMEN - DIN-1046 - Freshly Mixed concrete, Hardened Concrete of Specially Produced Samples, Berlin, 1978.
116. British Standard - BS -1881 - Part 2 Methods of testing Fresh concrete, Londres, 1970.



117. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 9833 - Massa específica e teor de ar pelo método gravimétrico.
118. ----, NBR 9832 - Tempo de Início e fim de pega de concreto e argamassa.
119. American Society for testing and Materials, ASTM C-232 - Test For Bleeding of Concrete.
120. United State Bureau of Reclamation, concrete manual, 8 th Ed Denver - 1975
121. American Society for testing and materials - ASTM C-78 Test For Flexural Strength of Concrete.
122. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR -5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto.
123. American society for Testing and Materials ASTM C-469 - Test for Static Modulus of Elasticity and Poissons ratio of concrete in compression.
124. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 9778. Absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica.
125. American Society for Testing and Materials ASTM -C418 - Test For Abrasion Resistance of concrete by Sandblasting
126. ----, ASTM C-267 - Chemical resistance of mortars, grouts and monolithic surfacings.
127. OHAMA, Y., referencia (39), 1973.
128. OHAMA, Y., comparison of Properties with various polymer-modified mortars, Synthetic Resins in Bulding Constructions.
129. American Society for Testing and Materials ASTM C-157 - Length Change of Hardened Cement Mortar and Concrete.

