

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**  
**Departamento de Engenharia de Construção Civil**



**BT/PCC/43**

---

**Estudos da Microestrutura da Zona  
de Transição entre a Pasta de  
Cimento e o Agregado**

---

**Vladimir Antonio Paulon**  
**Paulo José Melaragno Monteiro**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Construção Civil  
Boletim Técnico - Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Francisco Romeu Landi  
Vice-Diretor: Prof. Dr. Antonio Marcos de Aguirra Massola

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko  
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Conselho Editorial:

Prof. Dr. Alex Kenya Abiko  
Prof. Dr. Fernando Henrique Sabbatini  
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.  
Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves  
Prof. Dr. Paulo Roberto do Lago Helene

Coordenador Técnico

Profª Mercia Maria S. Bottura de Barros

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**  
**Departamento de Engenharia de Construção Civil**

**BT/PCC/43**

---

**Estudos da Microestrutura da Zona  
de Transição entre a Pasta de  
Cimento e o Agregado**

---

**Valdimir Antonio Paulon**  
**Paulo José Melaragno Monteiro**



**Escola Politécnica - EPBC**



**31200052939**

**São Paulo - 1991**



O presente trabalho é uma versão abreviada da tese de doutorado apresentada pelo Eng<sup>o</sup> Vladimir Antonio Paulon, sob orientação do Prof. Dr. Paulo José Melaragno Monteiro: "Estudos da microestrutura da zona de transição entre a pasta de cimento e o agregado".

A íntegra da tese encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica/USP.

Paulon, Vladimir Antonio

Estudos da microestrutura da zona de transição entre a pasta de cimento e o agregado / V.A. Paulon, P.J.M. Monteiro. -- São Paulo : EPUSP, 1991.

31p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/43)

1. Concreto (Materiais de construção) I. Monteiro, Paulo José Melaragno II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série

CDU 691.32

# ESTUDOS DA MICROESTRUTURA DA ZONA DE TRANSIÇÃO ENTRE A PASTA DE CIMENTO E O AGREGADO. (1)

. VLADIMIR ANTONIO PAULON  
PROFESSOR TITULAR - FACULDADE DE  
ENGENHARIA - UNICAMP

. PAULO JOSÉ MELARAGNO MONTEIRO PhD  
ASSOCIATE PROFESSOR - UNIVERSITY  
OF CALIFORNIA - BERKELEY

## RESUMO

O concreto de cimento portland, por ser um dos materiais de construção mais importantes do nosso século, tem sido objeto de vários estudos desde o começo de sua utilização.

Nas últimas décadas, está havendo um novo incremento nas pesquisas, face à utilização de vários tipos de adições e novas técnicas de observação.

O objetivo do presente trabalho é o de estudar, sob a luz de novas técnicas de pesquisa, as propriedades de concretos executados com a utilização de diferentes produtos de adição.

São estudados os resultados obtidos em pastas de cimento com adições de materiais pozolânicos produzidos no Brasil, e seus efeitos na zona de transição entre a pasta e o agregado, tendo por finalidade última a influência nas propriedades mecânicas e durabilidade do concreto.

(1) Este trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios da Associação Brasileira de Cimento Portland, em São Paulo, no Laboratório de Furnas Centrais Elétricas S.A., em Goiânia e no Laboratório Davis Hall, da Universidade da Califórnia, em Berkeley.

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto endurecido pode ser considerado como uma rocha artificial, comparável a um conglomerado constituído por uma associação de agregados graúdos e grãos de areia, de dimensões muito variáveis, englobados por uma pasta de cimento.

As propriedades deste material heterogêneo e, em particular suas características mecânicas, elásticas, físicas e químicas, as quais condicionam o seu emprego, dependem de um grande número de fatores, alguns deles relativos à pasta em si, outros dependendo dos agregados utilizados, e outros, enfim, devidos a ligação entre esses dois elementos essenciais.

Em síntese, o concreto pode ser estudado como um material constituído de partículas de agregado englobados por uma matriz porosa de pasta de cimento com uma zona de transição entre as duas fases, constituída de características próprias. A conexão destas três fases tem importância significativa nas propriedades do concreto.

O trabalho tem por objetivo estudar alguns dos fatores atuantes na zona de transição entre agregado e pasta de cimento, e suas influências nas propriedades mecânicas do concreto.

O estudo parte do princípio de que, no concreto de cimento portland, a pasta forma uma auréola em torno do agregado, na qual a cristalização dos hidratados é diferente da existente na mesma pasta, fora dessa zona de transição. Essa auréola ou zona de transição é um local com características mais fracas do concreto, por ser uma zona com relação água/cimento mais elevada e de menos coesão, na qual as fissuras se propagam com maior facilidade.

O mecanismo da formação da zona de transição é estudado pela difração do raio X, utilizando-se cimento e materiais pozolânicos nacionais, em contato com dois tipos de rocha: o mármore e o quartzo cristalino.

Todos os ensaios foram executados com materiais cimentícios nacionais e agregados de tipos usuais em nossas construções.

A finalidade última deste trabalho é a de contribuir para os estudos da obtenção de concretos com melhores características de resistência mecânica e durabilidade.

## 2. ZONA DE TRANSIÇÃO ENTRE A PASTA DE CIMENTO E O AGREGADO

### 2.1. A PASTA DE CIMENTO NA ZONA DE TRANSIÇÃO

A microestrutura da pasta de cimento merece especial atenção nas zonas de contato com os agregados graúdos e grãos de areia do concreto, e também no caso de armaduras e fibras. Trata-se de uma zona de transição, considerada como uma região estendendo-se radialmente para fora da superfície agregada e, gradualmente, fundindo-se com a massa da microestrutura da pasta, com uma espessura de aproximadamente  $50\mu\text{m}$ . Essa medida tem sido tomada levando-se em conta o limite no qual a pasta de cimento é afetada pelo agregado, região onde existe uma quantidade maior de hidróxido de cálcio, o qual, examinado por raio X, apresenta orientação preferencial (eixo C normal à superfície).

Tanto a quantidade de hidróxido de cálcio como a sua orientação preferencial diminuem com a distância do agregado. Os estudos mais modernos e avançados têm demonstrado que essa microestrutura desenvolvida na pasta, em zona afetada pelo agregado, é bastante complexa e variável. O estudo das diferenças entre a microestrutura da zona de transição e a massa da pasta são bastante mais profundos e extensivos do que uma simples presença de hidróxido de cálcio preferencialmente orientado.

As características da microestrutura da pasta na zona de transição dependem de vários fatores, incluindo o tipo de agregado, a água de amassamento, o efeito de aditivos e de adições, a natureza e a quantidade de componentes menores do material cimentício, etc.

As técnicas usuais para os estudos da zona de interface têm sido principalmente a difração por raios X e a microscopia eletrônica de varredura, incluindo, mais recentemente, o uso de microscopia de elétrons retroespalhados.

### 2.2. RELAÇÕES ENTRE A ZONA DE TRANSIÇÃO E AS PROPRIEDADES DO CONCRETO

A resistência de qualquer material às ações mecânicas é

diretamente proporcional à sua porosidade. Por consequência, sendo mais porosa torna-se mais fraca que a matriz de cimento hidratado.

O início da fissuração e sua propagação é mais fácil em cristais de tamanho grande do que em sistemas de cristais de pequena dimensão e emaranhados apertados; conforme exposto, de acordo com MASO (1), a zona de transição contém cristais maiores e em maior quantidade que aqueles encontrados na massa de cimento hidratado. Além do que, os cristais da zona de transição mostram uma orientação preferencial, o que é um aspecto favorável à propagação de fissuras.

Pelas razões expostas, a zona de transição é a parte mais fraca do material granular coesivo que constitui o concreto endurecido.

Nos concretos tradicionais, os agregados são menos deformáveis que a matriz de cimento portland. Sob a ação de forças externas, processa-se sempre uma concentração de tensões nos agregados e, como consequência, na zona de transição, a qual torna-se a parte mais tensionada, sendo a parte mais fraca do concreto.

Dessa forma, é na zona de transição que as primeiras ações irreversíveis irão ocorrer, resultando em microrrupturas e fechamento de poros quando houver compressão, e fissuração quando sujeita a tração ou cisalhamento. Uma vez iniciada a fissuração, essa se propaga de uma zona de transição à outra, o que tem sido confirmado na observação de fraturas em concretos. Na maioria dos casos, a fratura segue o contorno dos agregados.

Numerosos autores consideram que a fissuração é causada pela retração na pasta de cimento, o que tem sido confirmado por alguns estudos. Entretanto, é preciso levar em conta que esse tipo de estudo tem sido efetuado em testes onde o concreto é submetido a tratamentos que amplificam o fenômeno da retração. Ao que tudo indica, as fissuras resultantes da retração iniciam-se no agregado e têm como consequência a ruptura da zona de transição (MASO (1)).

No caso de ataque pela ação corrosiva de agentes químicos, este dependerá não somente da natureza dos elementos em contato mas também da superfície exposta. Se as zonas de transição estiverem efetivamente ligadas por uma rede de capilares ou



microfissuras resultantes de retração ou de forças externas, irão se constituir em caminho preferencial para o ataque dos agentes agressivos, principalmente pelo fato de que a elevada concentração de portlandita faz com que ela se torne um fator extra de alteração.

### **3. MICROESTRUTURA DA INTERFACE DA PASTA DE CIMENTO PURO E COM ADIÇÕES**

#### **3.1. TÉCNICAS DE ESTUDO E MATERIAIS UTILIZADOS**

A técnica de investigação escolhida para os estudos de formação de hidratos na auréola de transição foi a da difratometria de raio X, analisando a pasta de cimento conforme secções paralelas ao agregado. Além da microscopia de elétrons secundários, a utilização da microscopia de elétrons retroespalhados foi aproveitada face às vantagens que apresenta na visualização de contrastes que permitem delinear as áreas dos produtos de hidratação e áreas de clínquer não hidratado. Foi procurado, neste capítulo, determinar as diferenças existentes entre a utilização da pasta de cimento pura e com adições de produtos pozolânicos.

Os materiais utilizados foram os seguintes:

- Cimento portland
- Microsílica
- Argila calcinada e moída
- Cinzas volantes
- Mármore
- Quartzo cristalino

Para as técnicas de observação selecionadas, foram utilizados corpos de prova confeccionados de pasta de cimento ou pasta de cimento com adições, moldados contra um agregado plano. Dessa forma, torna-se mais fácil a localização da zona analisada, do que em um corpo de prova obtido com agregados na forma normalmente utilizada em concretos. Esse tipo de corpo de prova constitui-se, evidentemente, num modelo de análise distante do caso real do concreto, porém os estudos realizados por OLLIVIER (2) constataram

sua representatividade.

A preparação dos corpos de prova foi de acordo com a técnica utilizada por FARRAN (3), onde o agregado se apresenta sob forma cilíndrica, com cerca de 1,5cm de diâmetro e espessura de aproximadamente 0,5cm.

O modo de estudo dos corpos de prova é baseado na constatação de que cada espécie cristalina é caracterizada por um espectro de raios de difração de raios X. As intensidades relativas e as distâncias reticulares correspondentes são função da estrutura do composto. Seus valores, característicos de cada composto cristalizado, são estabelecidos a partir dos diagramas de pó (conjunto de monocristais finamente moídos e que não apresentam estatisticamente orientação preferencial).

Quando a face de ruptura é estudada pela difração de raio X, o raio difratado é constituído por raios de diferentes fases cristalizadas presentes no volume analisado. O valor das distâncias reticulares sobre o corpo de prova maciço (ou os ângulos de Bragg) são evidentemente iguais àqueles fornecidos pelas tabelas de referência mas, algumas vezes, as intensidades relativas correspondentes são muito diferentes das indicadas: é a manifestação de uma orientação preferencial dos cristais refratantes.

Essa característica é particularmente interessante a conhecer porque uma tal orientação aumenta os riscos de propagação de fissuras na pasta de cimento.

Uma vez fixado o objetivo de estudar os compostos da pasta de cimento a partir da interface, torna-se necessário analisar sucessivamente as diferentes seções do corpo de prova, paralelas e regularmente distantes uma das outras. A técnica utilizada para esse fim foi a da abrasão mecânica.

### **3.2. A FORMAÇÃO DO HIDRÓXIDO DE CÁLCIO E CONCENTRAÇÃO DE ETRINGITA NA ZONA DE TRANSIÇÃO**

OLLIVIER (2) desenvolveu o processo que permite determinar a distância da interface onde o hidróxido de cálcio começa a crescer de forma aleatória (irregular). Uma vez determinada essa

distância, fornece algumas informações sobre a extensão da fase de transição.

À medida que aumenta a distância da superfície do agregado, o grau da orientação preferencial diminui, até o ponto onde a orientação aleatória dos cristais fica praticamente imutável.

Pela mesma técnica de abrasões sucessíveis, o exame pelo DRX permite a determinação da distribuição da etringita, utilizando-se o pico  $9,1^{\circ}2\theta$  ( $K\alpha - Cu$ ). A figura 1 mostra o difratograma de raio X completo de uma amostra de pasta de cimento pura na zona de transição com o calcário.

### 3.3. ENSAIOS COM PASTA DE CIMENTO PURA

As análises de difração por raio X (DRX) foram executadas nas idades de 3, 7 e 28 dias, em pastas de cimento com relação a/c de 0,35. As figuras 2 e 3 mostram a orientação preferencial do hidróxido de cálcio nas diferentes idades e com quartzo e calcário como agregado. As figuras 4 e 5 mostram a concentração de etringita na zona de transição, para diferentes idades, utilizando o quartzo e o calcário como agregado.

### 3.4. ENSAIOS COM PASTA DE CIMENTO E MICROSÍLICA

As análises de difração por raio X (DRX) foram executadas nas idades de 3, 7 e 28 dias, em pastas de cimento com substituição de 20% de microsilica em volume absoluto, utilizando-se uma relação água/cimento + microsilica de 0,38.

As figuras 6 e 7 mostram a orientação preferencial do hidróxido de cálcio nas diferentes idades, com quartzo e calcário como agregado.

As figuras 8 e 9 mostram a concentração da etringita na zona de transição, para diferentes idades, utilizando o quartzo e o calcário como agregado.

### 3.4. ENSAIOS COM PASTA DE CIMENTO E CINZAS VOLANTES

As análises de difração de raio X (DRX) foram executadas nas

idades de 3, 7, 28 e 90 dias, em pastas de cimento com substituição de 20% de cinzas volantes em volume absoluto, utilizando-se uma relação água/cimento + cinzas volantes de 0,35.

A idade de ensaio foi prolongada até 90 dias, devido a lentidão de reação desse tipo de pozolana.

As figuras 10 e 11 mostram a orientação preferencial do hidróxido de cálcio nas diferentes idades, com quartzo e calcário como agregado.

As figuras 12 e 13 mostram a concentração da etringita na zona interfacial, para diferentes idades e utilizando o quartzo e calcário como agregado.

### 3.5. ENSAIOS COM PASTA DE CIMENTO E POZOLANA DE JUPIÁ

As análises de difração de raio X (DRX) foram executadas nas idades de 3, 7, 28 e 90 dias, utilizando-se pasta de cimento com substituição de 35% de pozolana de Jupia em volume absoluto, com relação água/cimento + pozolana de 0,35.

As figuras 14 e 15 mostram a orientação preferencial do hidróxido de cálcio nas diferentes idades, com quartzo e calcário como agregado.

As figuras 16 e 17 mostram a concentração de etringita na zona de interface, para diferentes idades, utilizando o quartzo e o calcário como agregado.

## 4. CONCLUSÕES

A tabela 1 apresenta o resumo dos resultados obtidos nos ensaios de difratometria de raio X com pastas de cimento puro e com adições, utilizando como agregado o quartzo e o mármore.

As figuras 18 e 19 representam graficamente os resultados da tabela e as figuras 20 e 21 fornecem uma avaliação comparativa desses valores.

Observa-se que a espessura da zona de transição aumenta com a idade no caso de utilização de pasta pura, independentemente do tipo de agregado utilizado.

Nas pastas com adições de materiais pozolânicos, a espessura

da zona de transição diminui com a idade, o que se explica pelos efeitos da ação pozolânica (reação com o  $\text{Ca(OH)}_2$ ) e também pelo efeito de filler (melhor preenchimento de vazios). A eficiência da microsilica, tanto como material pozolânico de reação rápida, como de filler de alta eficiência, resulta em diminuição rápida da espessura da zona de transição, alcançando aos 28 dias valores semelhantes ao da pozolana de Jupia aos 90 dias.

Tanto nos ensaios com a pasta pura como nos ensaios com adições, houve uma diminuição da zona de transição com o agregado calcário, apresentando-se mais nítido esse valor para a cinza volante e a pozolana de Jupia. Essa diferenciação entre o calcário e o quartzo explica-se pela reação de interface entre a pasta e o calcário, conforme comprovada por vários autores (4), (5), (6).

As figuras 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16 e 17 mostram a distribuição da concentração da etringita na zona de transição. Em alguns ensaios tornou-se difícil a determinação da concentração da etringita, devido a sua baixa quantidade na matriz. Os gráficos mostram que existe uma grande concentração de etringita na região próxima à superfície do agregado, o que vem apoiar a teoria da hidratação através da solução, pela qual os íons de cálcio, sulfatos e aluminatos podem facilmente difundir-se em direção à superfície do agregado devido à maior concentração de água na interface, ocasionando maior precipitação de etringita.

Os resultados do estudo efetuado confirmaram a existência de uma orientação preferencial do eixo C dos cristais de hidróxido de cálcio em relação à superfície do agregado, conforme pode ser observado nas figuras 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14 e 15. Verifica-se que essa orientação preferencial se observa para todas as idades, tanto para o caso da pasta pura, como no caso das adições utilizadas.



**TABELA 1 - RESUMO DOS ENSAIOS DE DIFRATOMETRIA DE RAIOS X**

IDADE (DIAS)	ESPESSURA DA ZONA DE TRANSIÇÃO (MICROMETRO)							
	PASTA PURA	PASTA PURA	20% MS	20% MS	20% CV	20% CV	35% JUIA	35% JUIA
	QUARTZO	CALCÁRIO	QUARTZO	CALCÁRIO	QUARTZO	CALCÁRIO	QUARTZO	CALCÁRIO
3	85	65	100	110	95	98	73	88
7	93	80	78	68	69	52	67	73
28	108	108	38	41	59	45	40	29
90	-	-	-	-	38	28	30	19

MS - MICROSÍLICA

CV - CINZAS VOLANTES

JUIA - POZOLANA DE JUIA

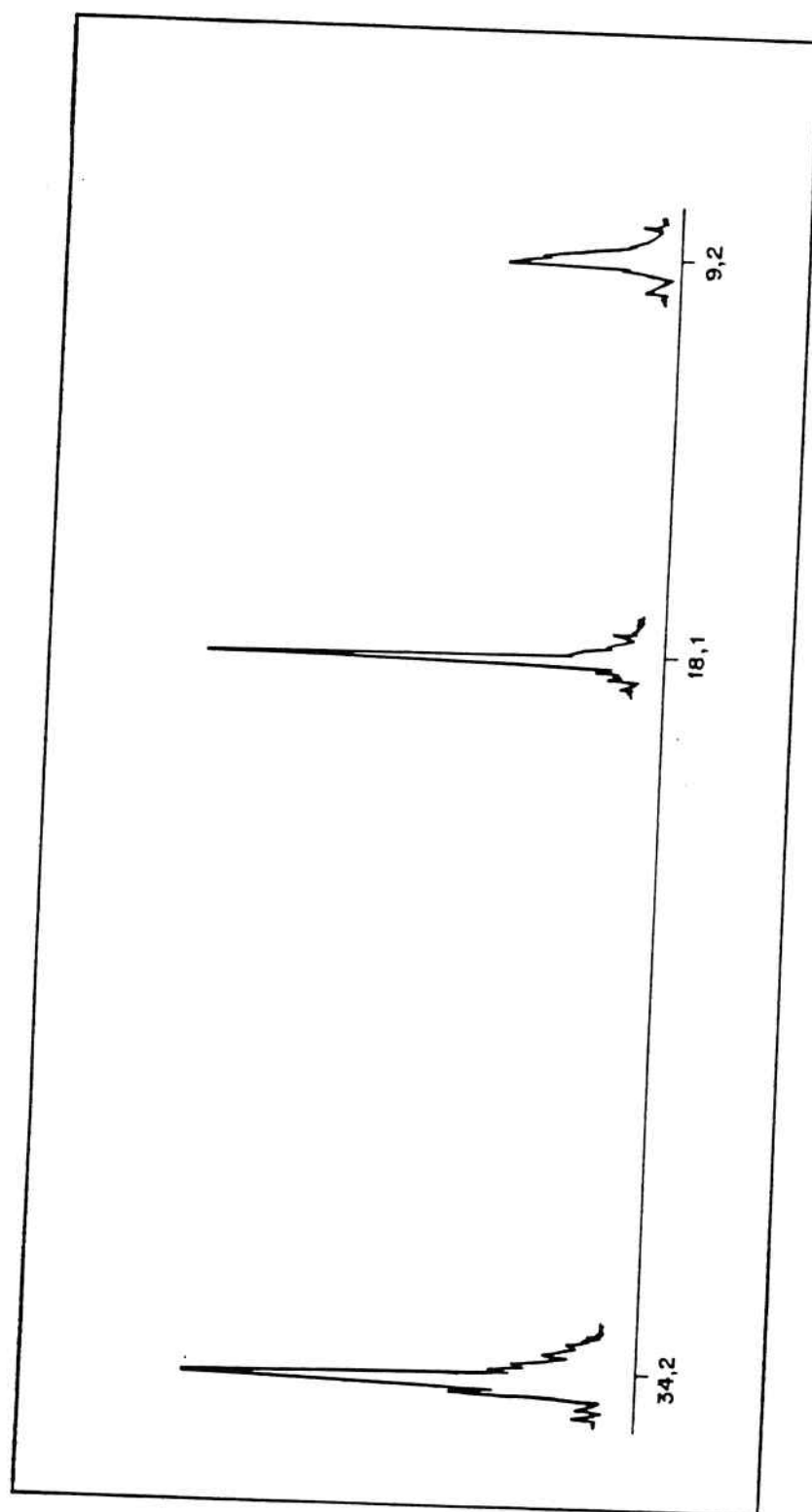


Figura 1

Difratograma de raio X de amostra de pasta de cimento pura na zona de transição com calcário.

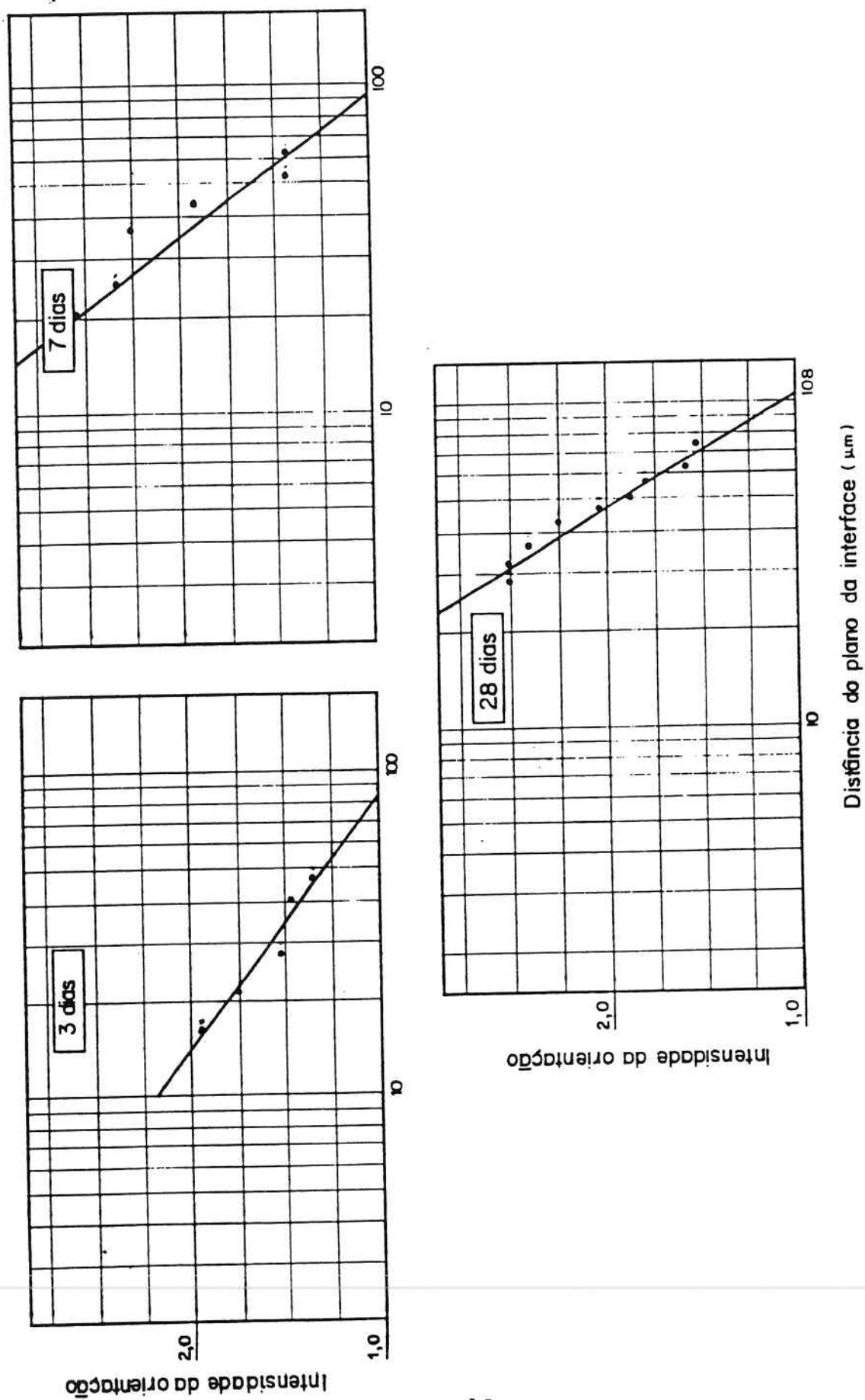


Figura 2

Orientação preferencial do  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  na zona de transição pasta pura - quartz.

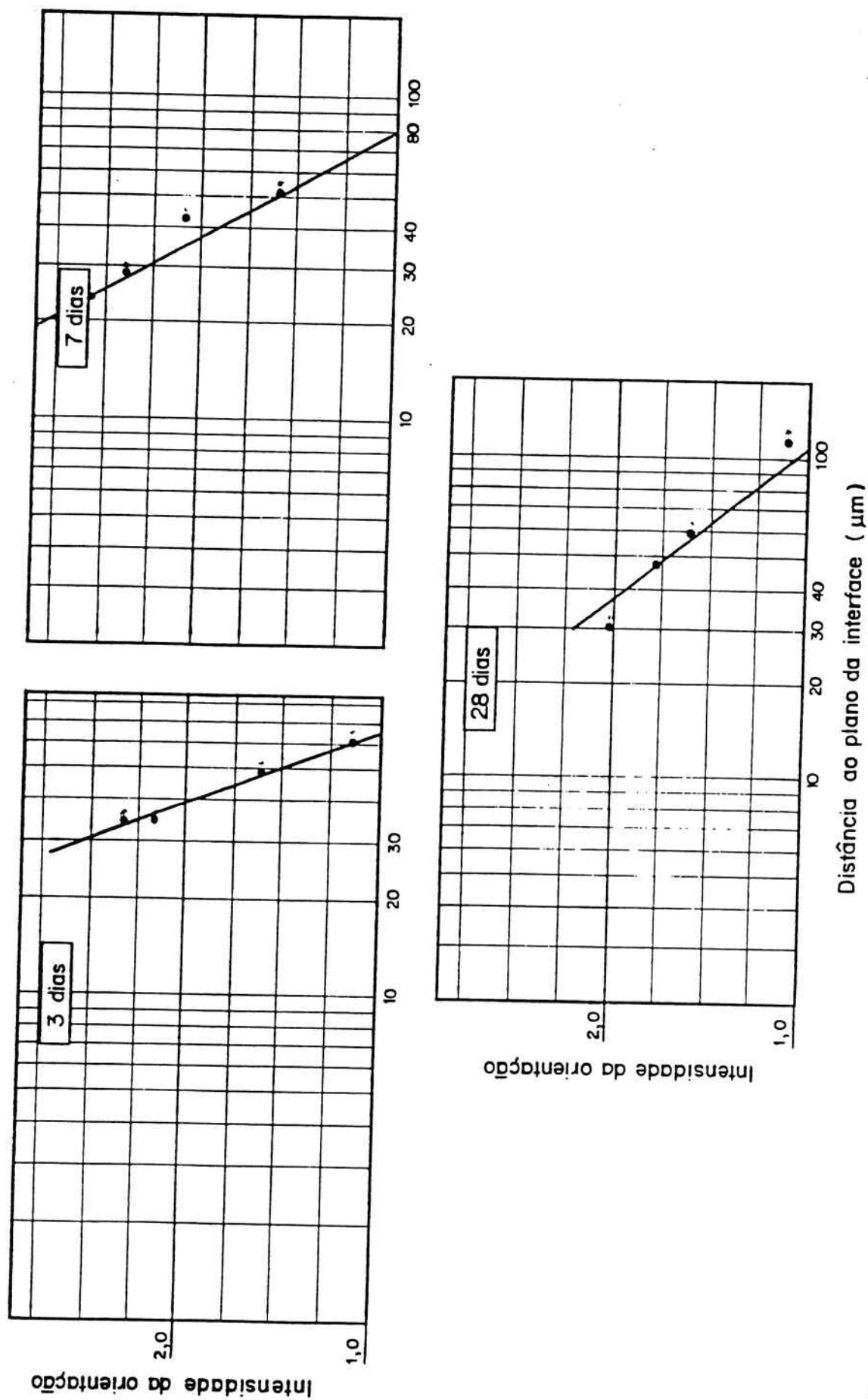


Figura 3

Orientação preferencial do  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  na zona de transição pasta pura - calcário.

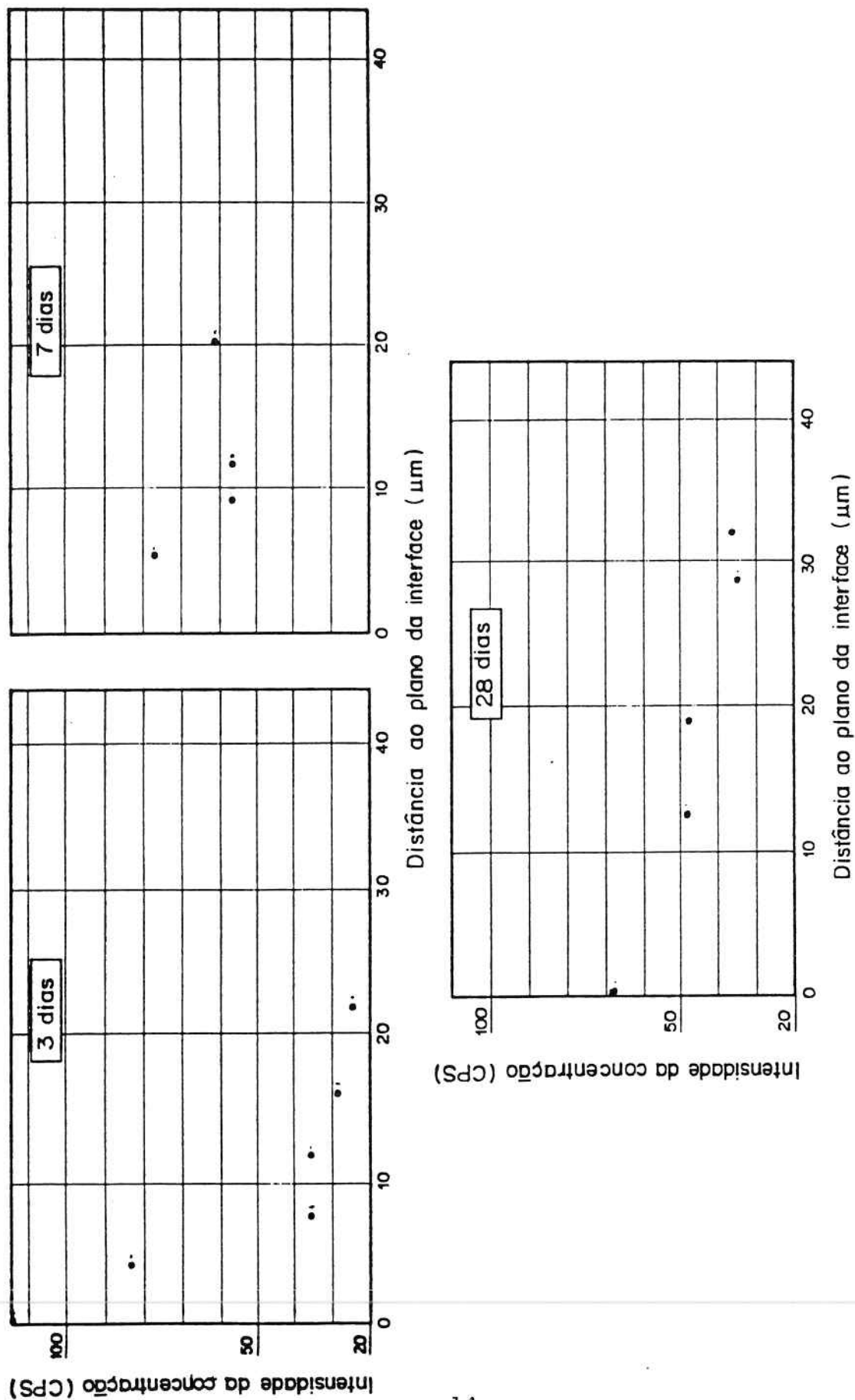
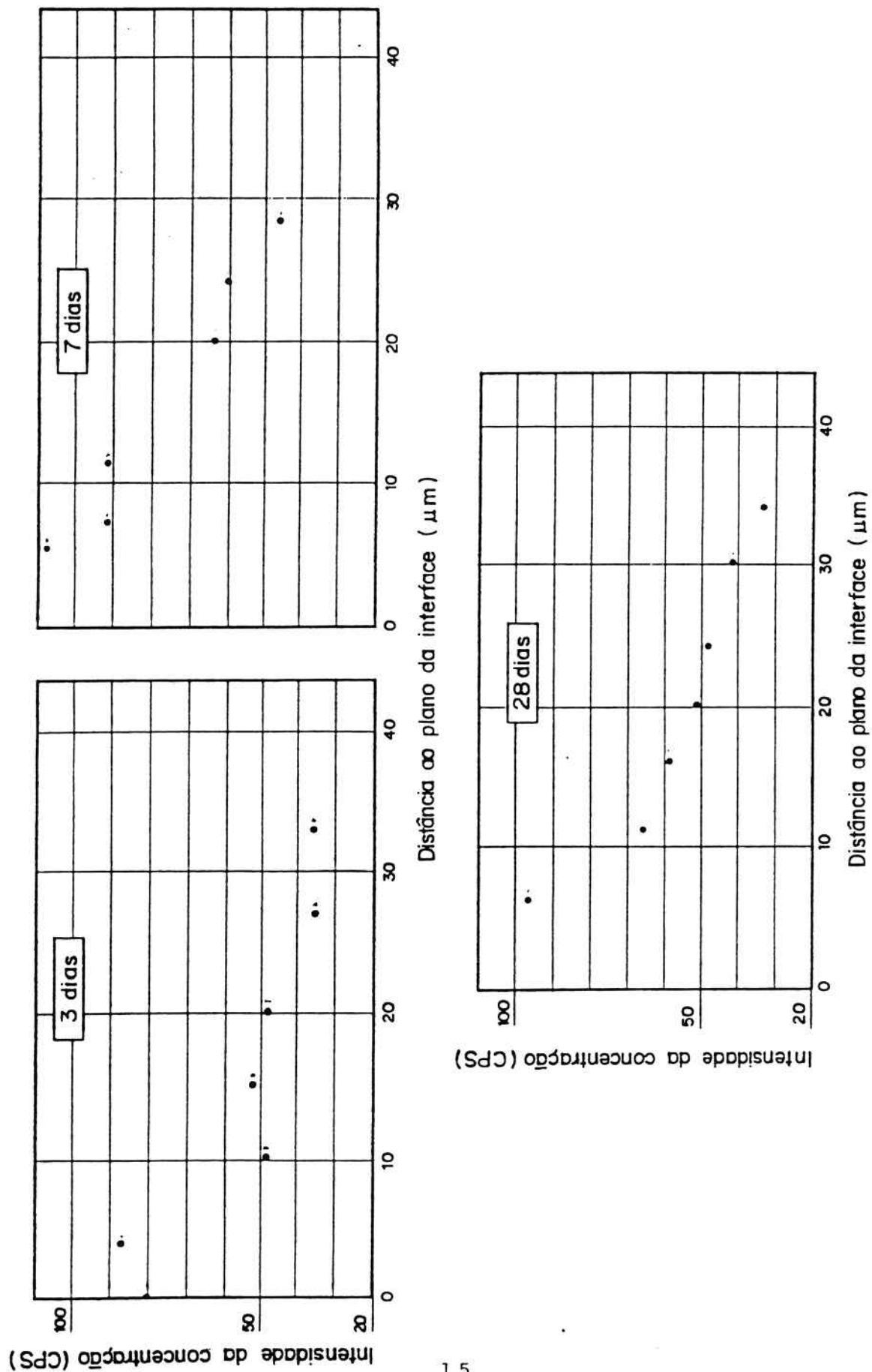


Figura 4

Varição da concentração da etringita na zona de transição pasta - quartz.





1 5

Figura 5

Varição da concentração de etringita na zona de transição pasta pura - calceário.

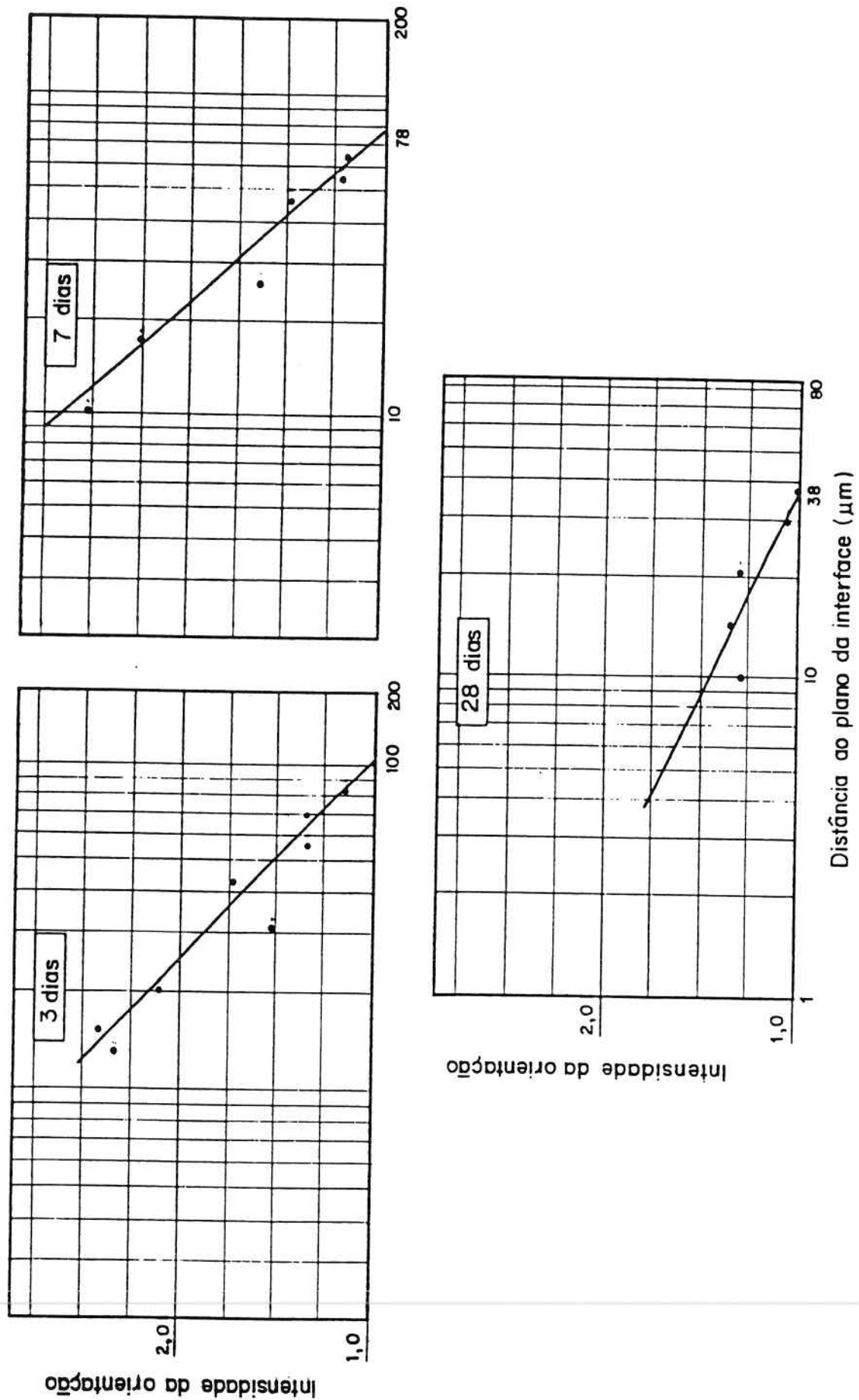


Figura 6

Orientação preferencial do  $\text{Ca(OH)}_2$  na zona de transição pasta com microsilica - quartzo.

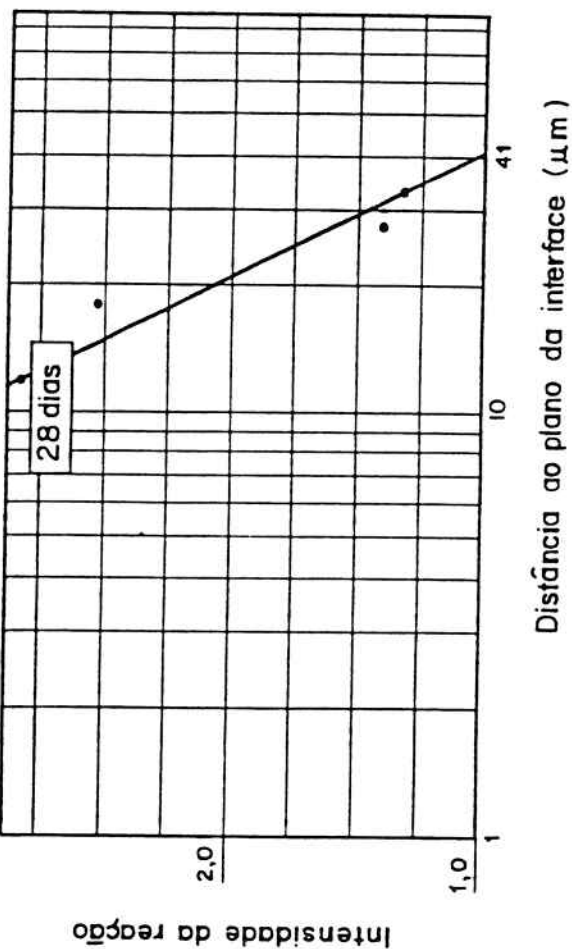
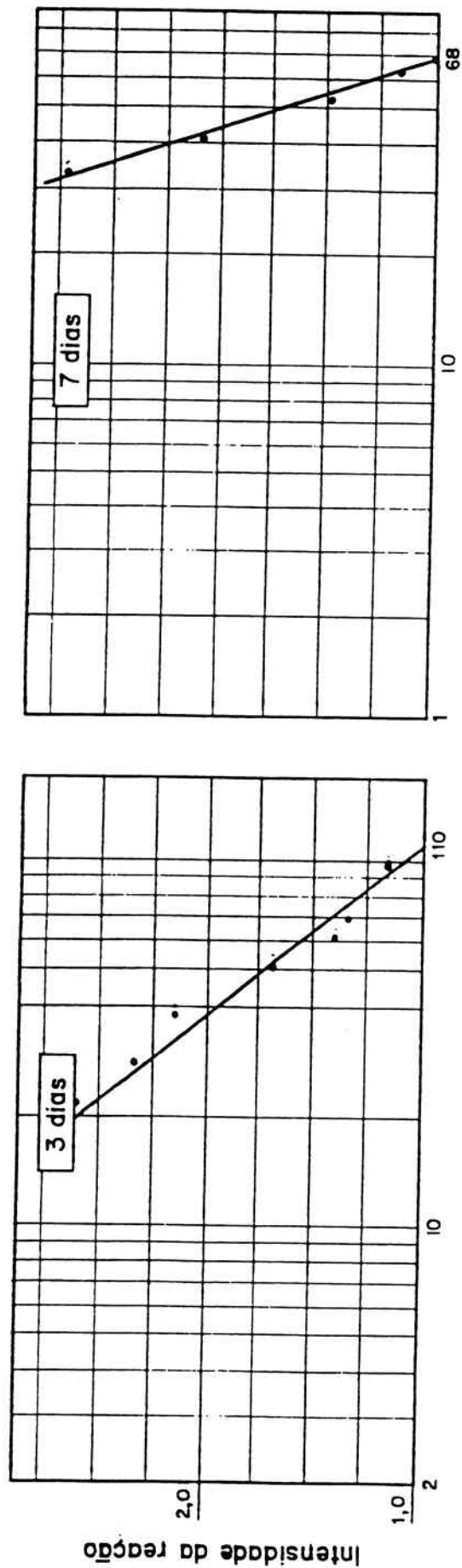


Figura 7

Orientação preferencial do  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  na zona de transição pasta com microsilica - calcário.

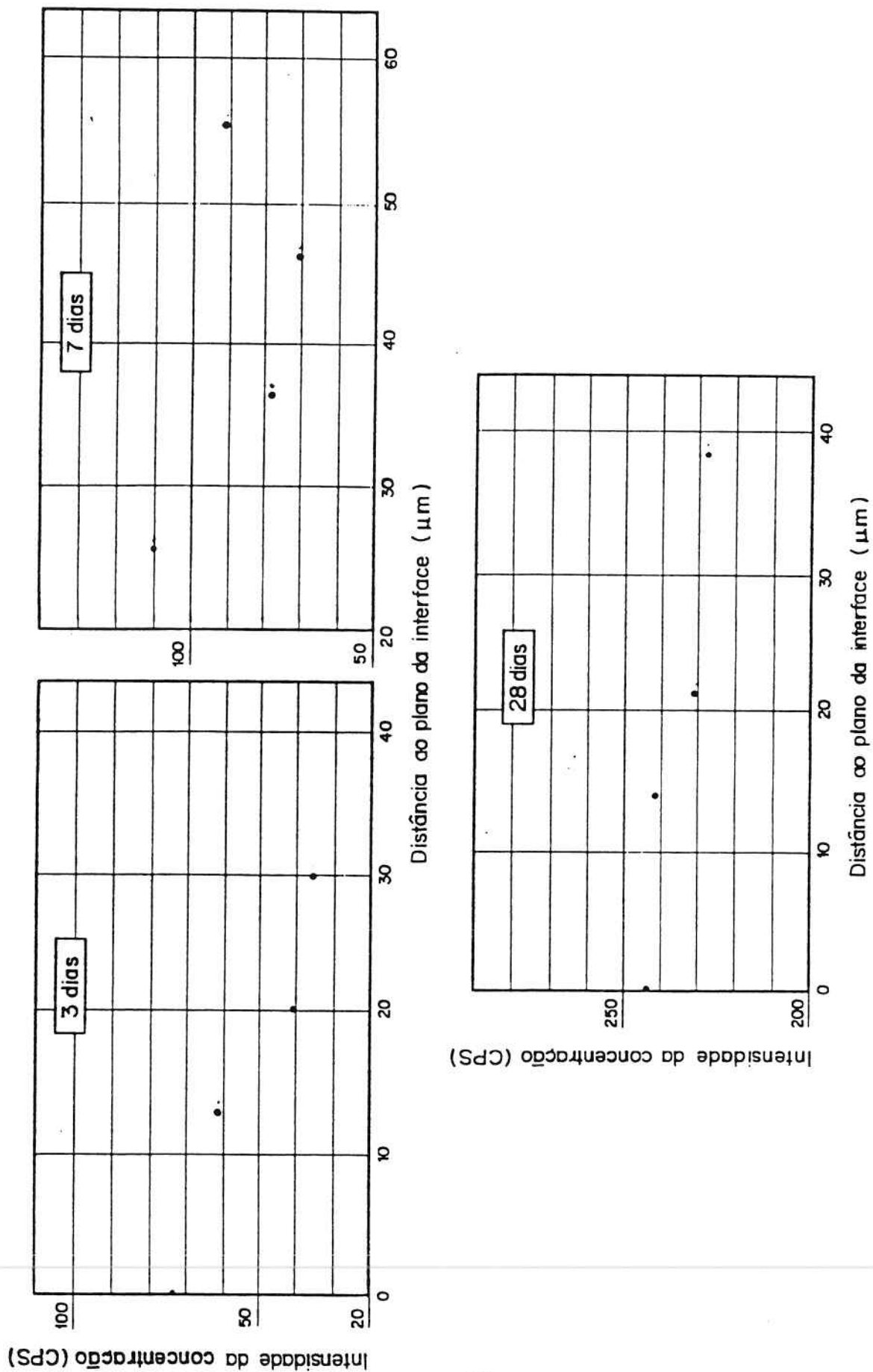


Figura 8

Varição da concentração da etringita na zona de transição pasta com microsilica - quartzo.

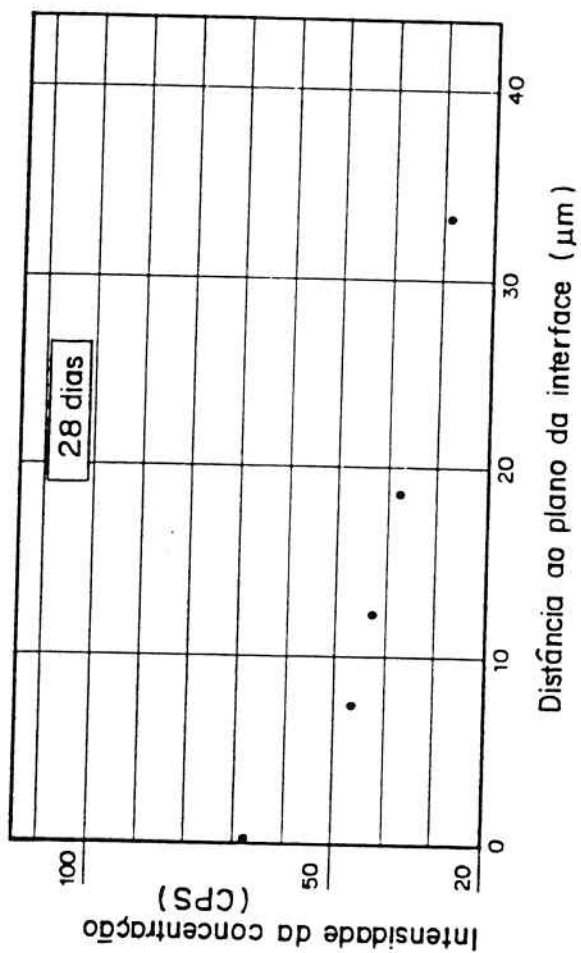
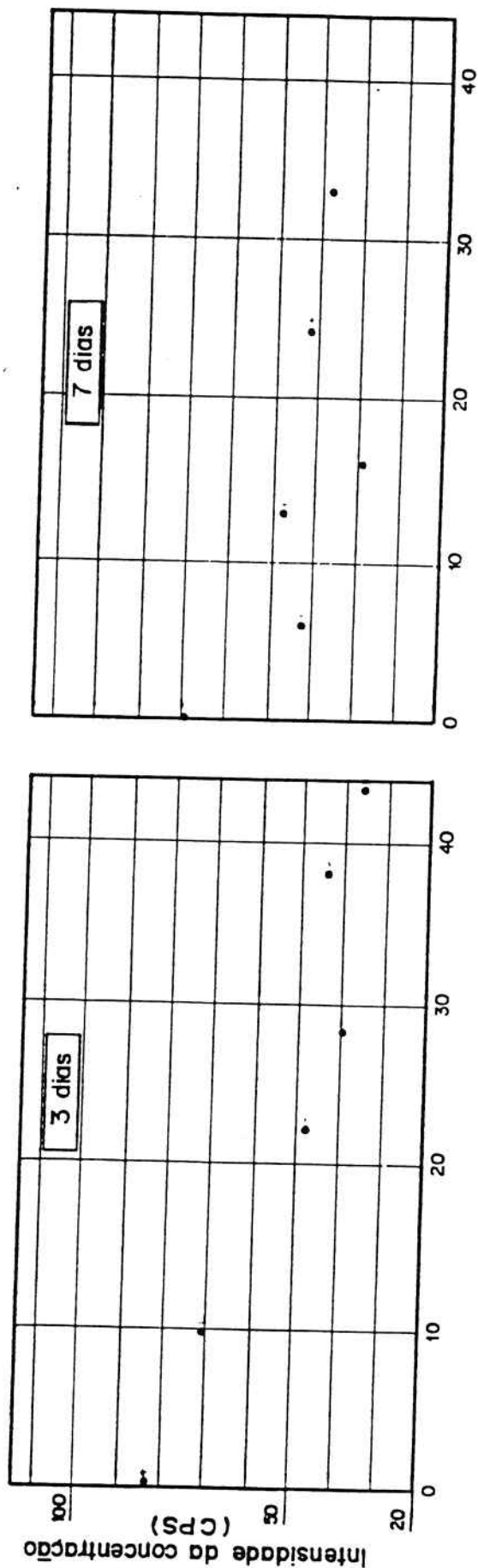


Figura 9

Varição da concentração da etringita na zona de transição pasta com microsilica - calcário.



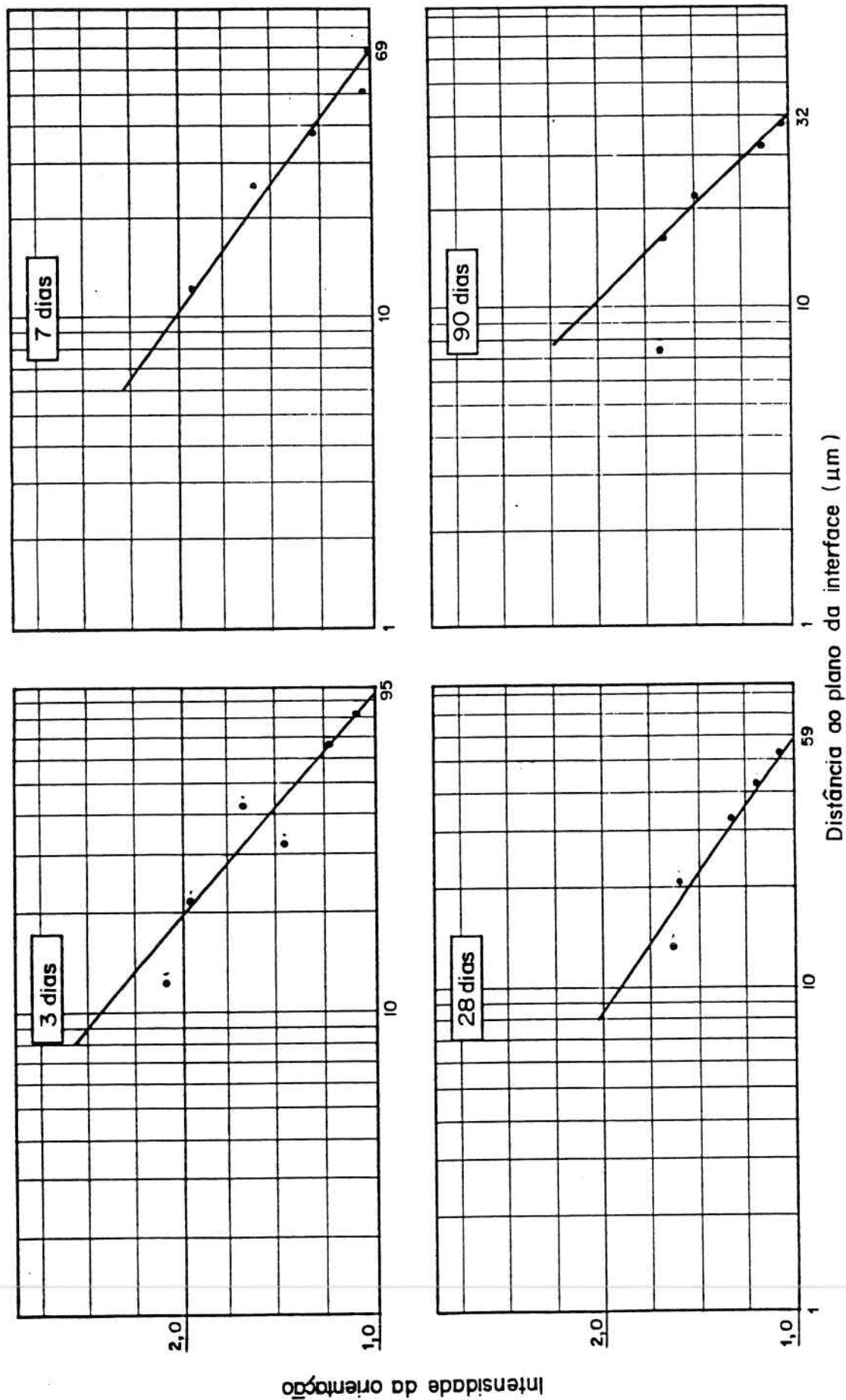


Figura 10

Orientação preferencial do  $\text{Ca(OH)}_2$  na zona de transição pasta com 20% de cinzas volantes - quartzito.

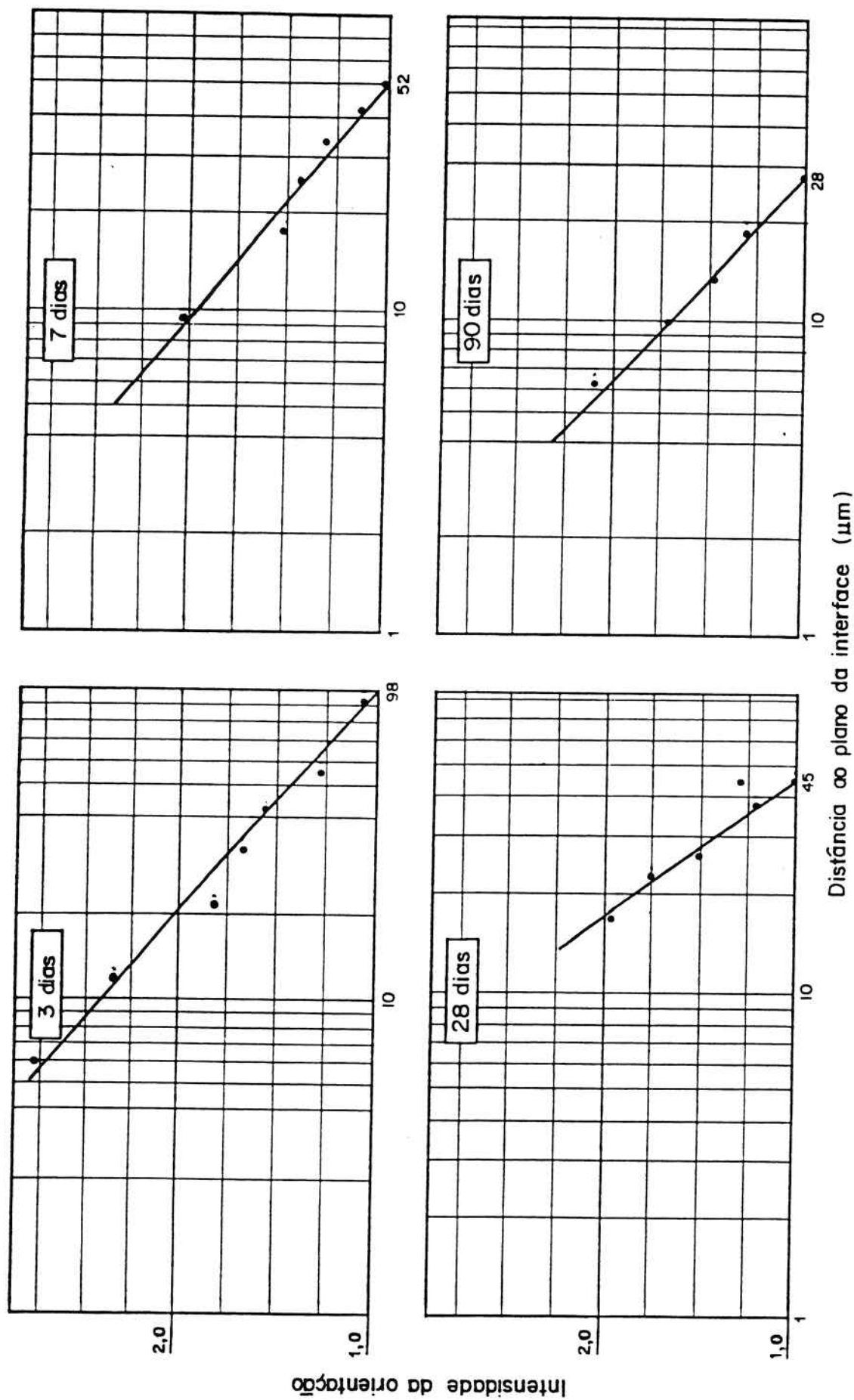


Figura 11

Orientação preferencial do  $\text{Ca(OH)}_2$  na zona de transição para pasta com cinzas volantes - calcário.

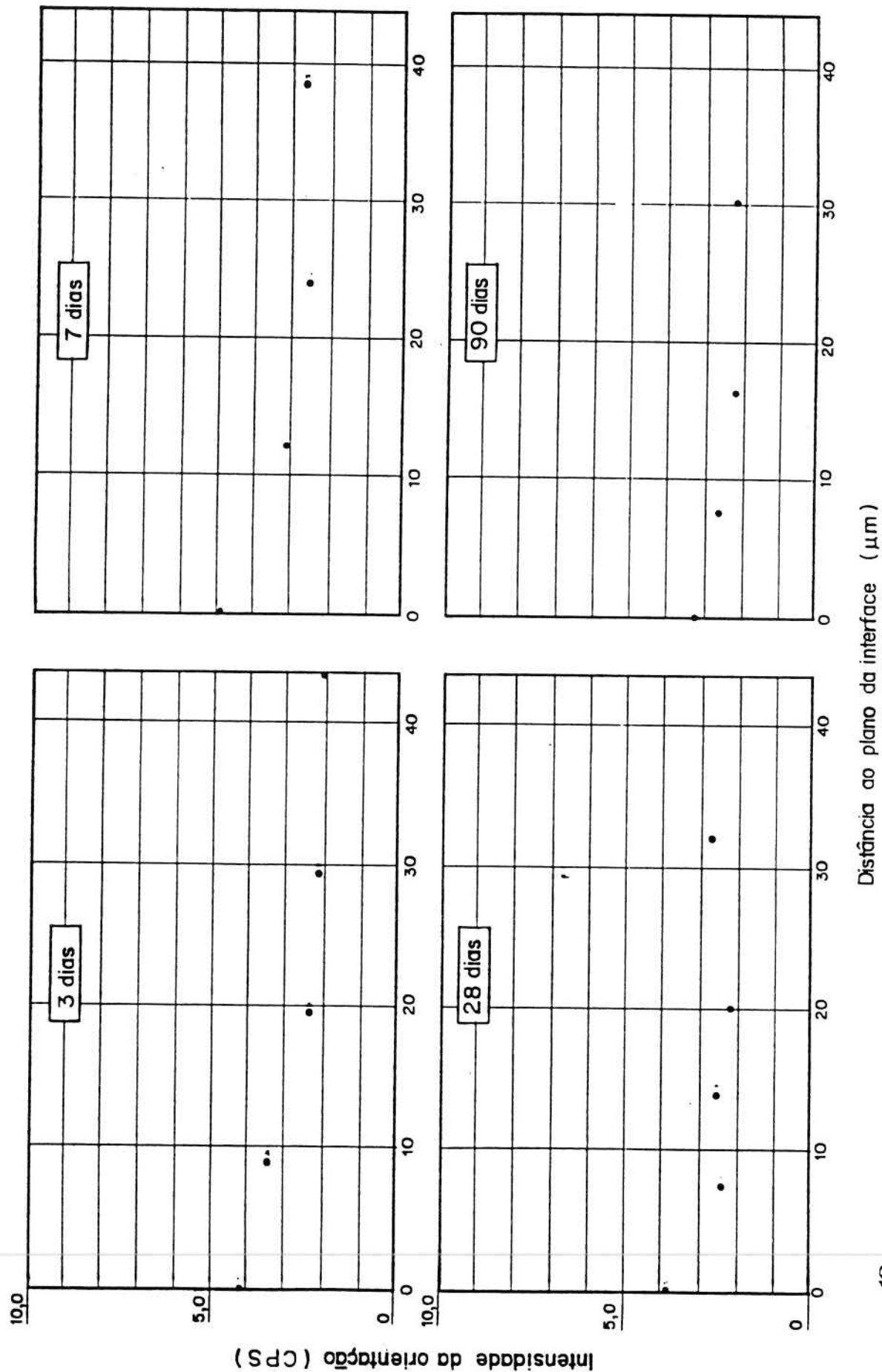


Figura 12

Varição da concentração da etringita na zona de transição pasta com cinzas volantes – quartzo.

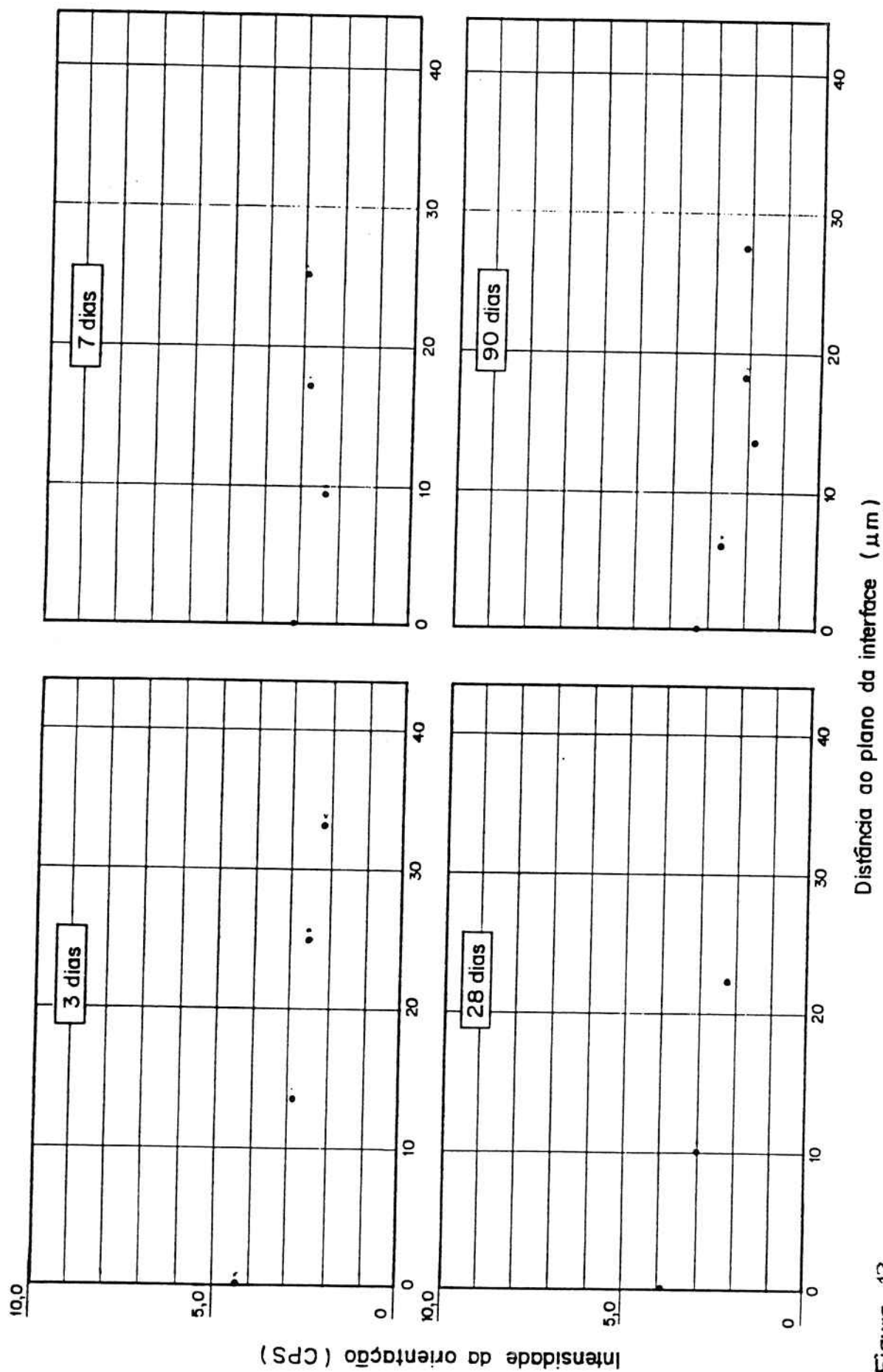


Figura 13

Varição da concentração da etringita na zona de transição pasta com cinzas volantes - calcário.

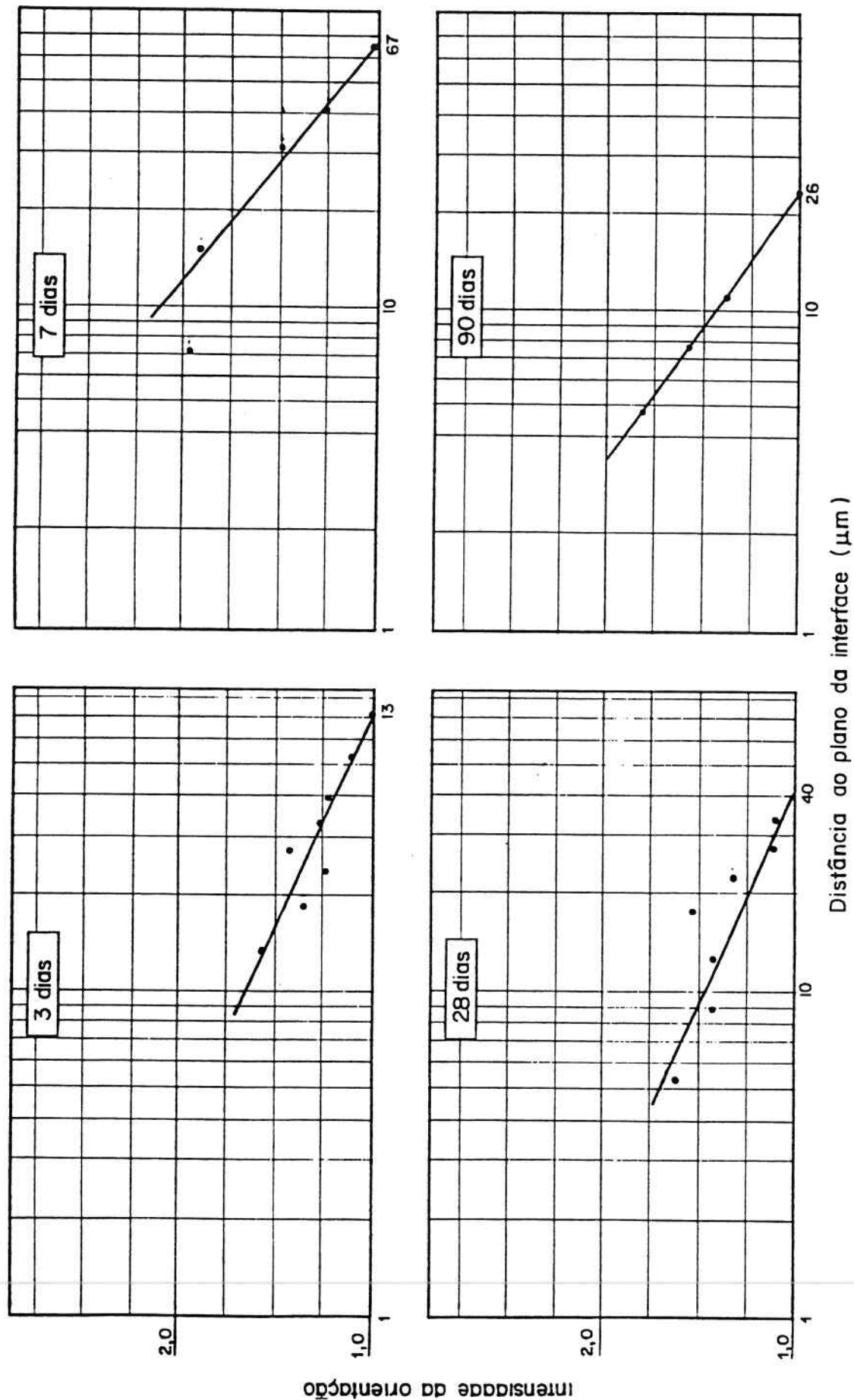


Figura 14

Orientação preferencial do  $\text{Ca(OH)}_2$  na zona de transição para pasta com pozolana de Jupia-quartz.

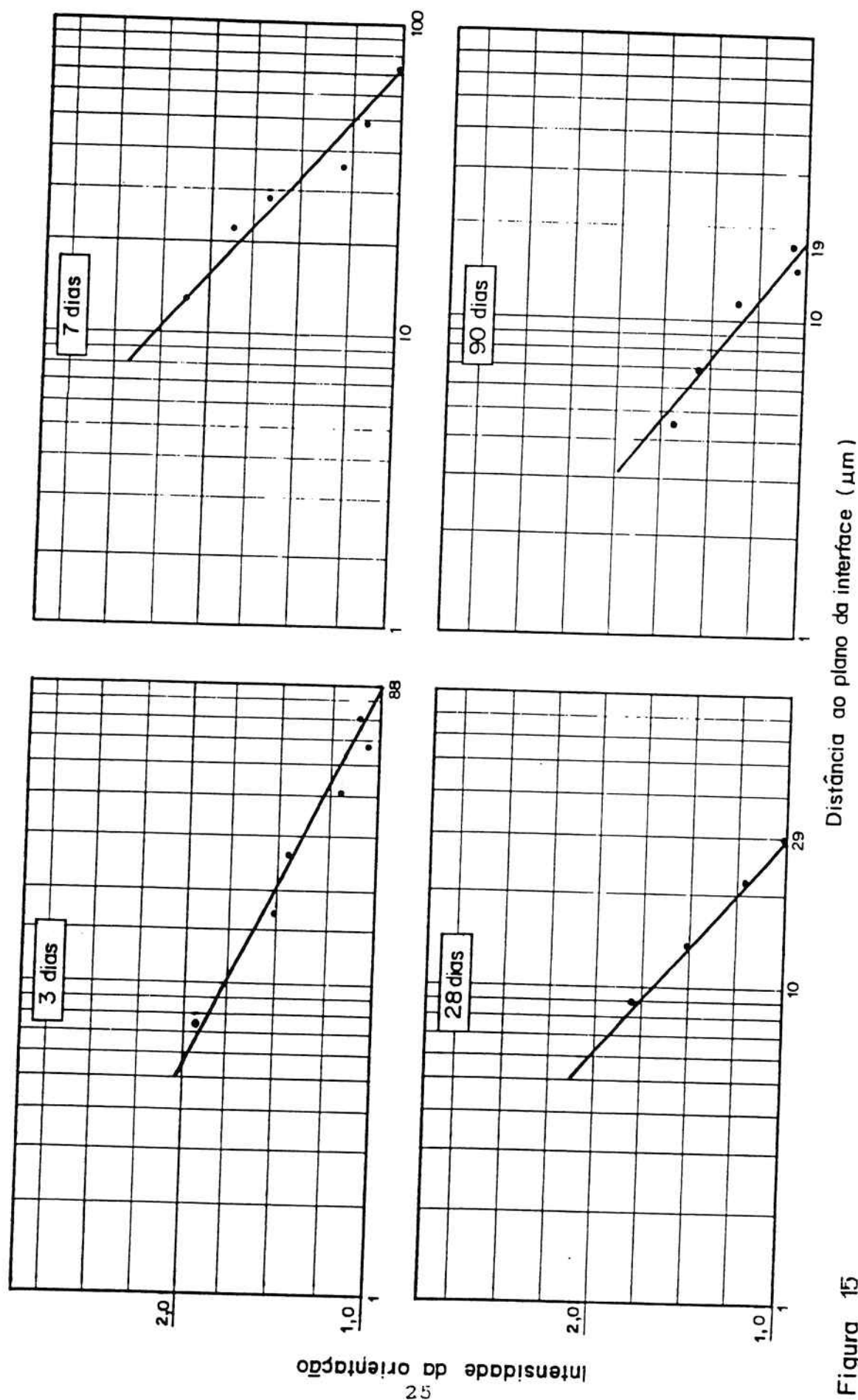


Figura 15

Orientação preferencial do  $\text{Ca(OH)}_2$  na zona de transição para pasta com pozolana de Jupia calcário.

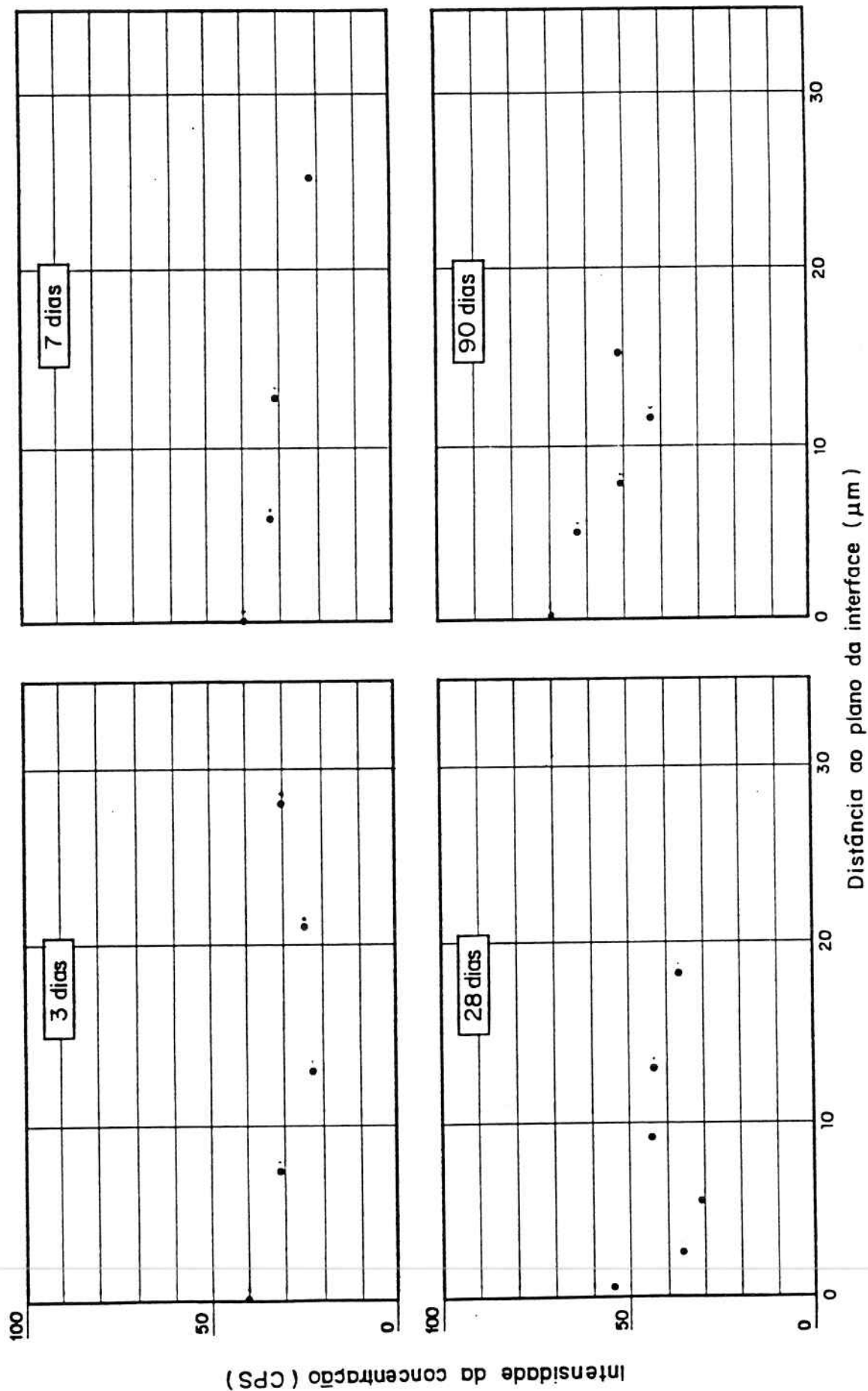


Figura 16

Variaco da concentrao da etringita na zona de transio entre pasta com pozolana de Jupi - quartzo.



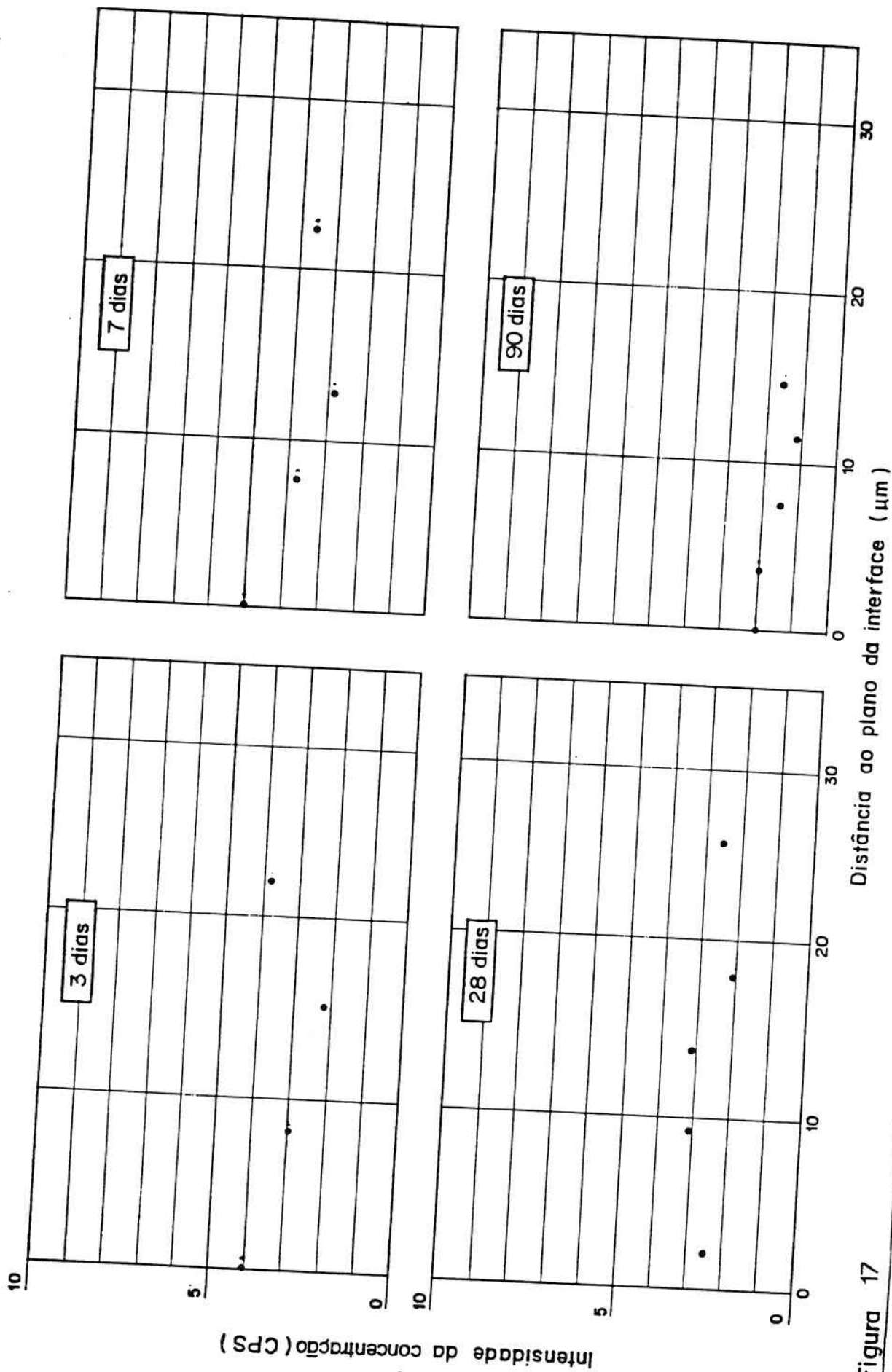


Figura 17

Variação da concentração da estrengita da zona de transição entre pasta com pozolana de Jupia - calcário.

## Efeito de adições (Rocha - Quartzo)

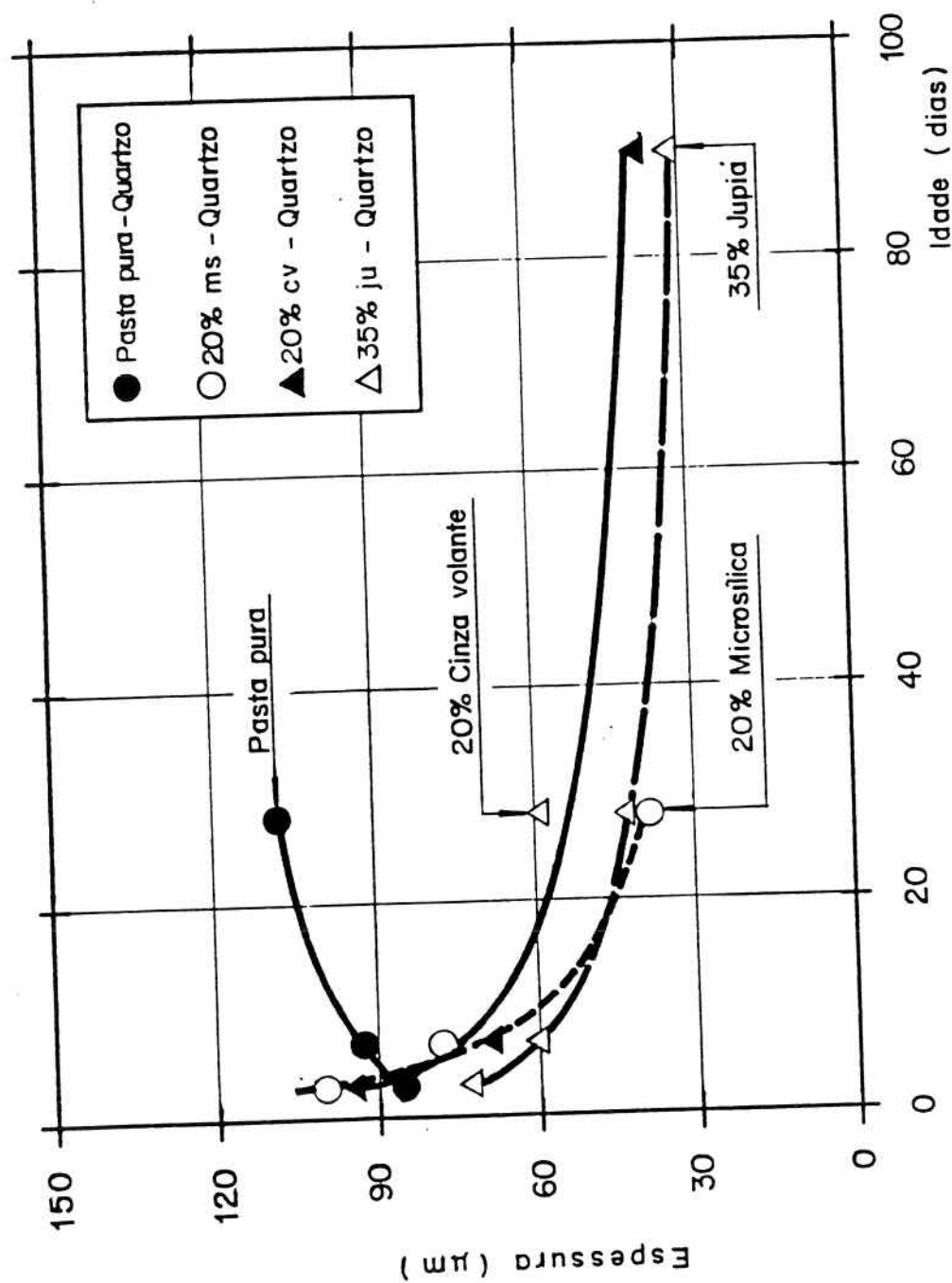


Figura 18

Representação gráfica dos resultados de difratometria de raio X para a zona de transição entre pastas com e sem adições -

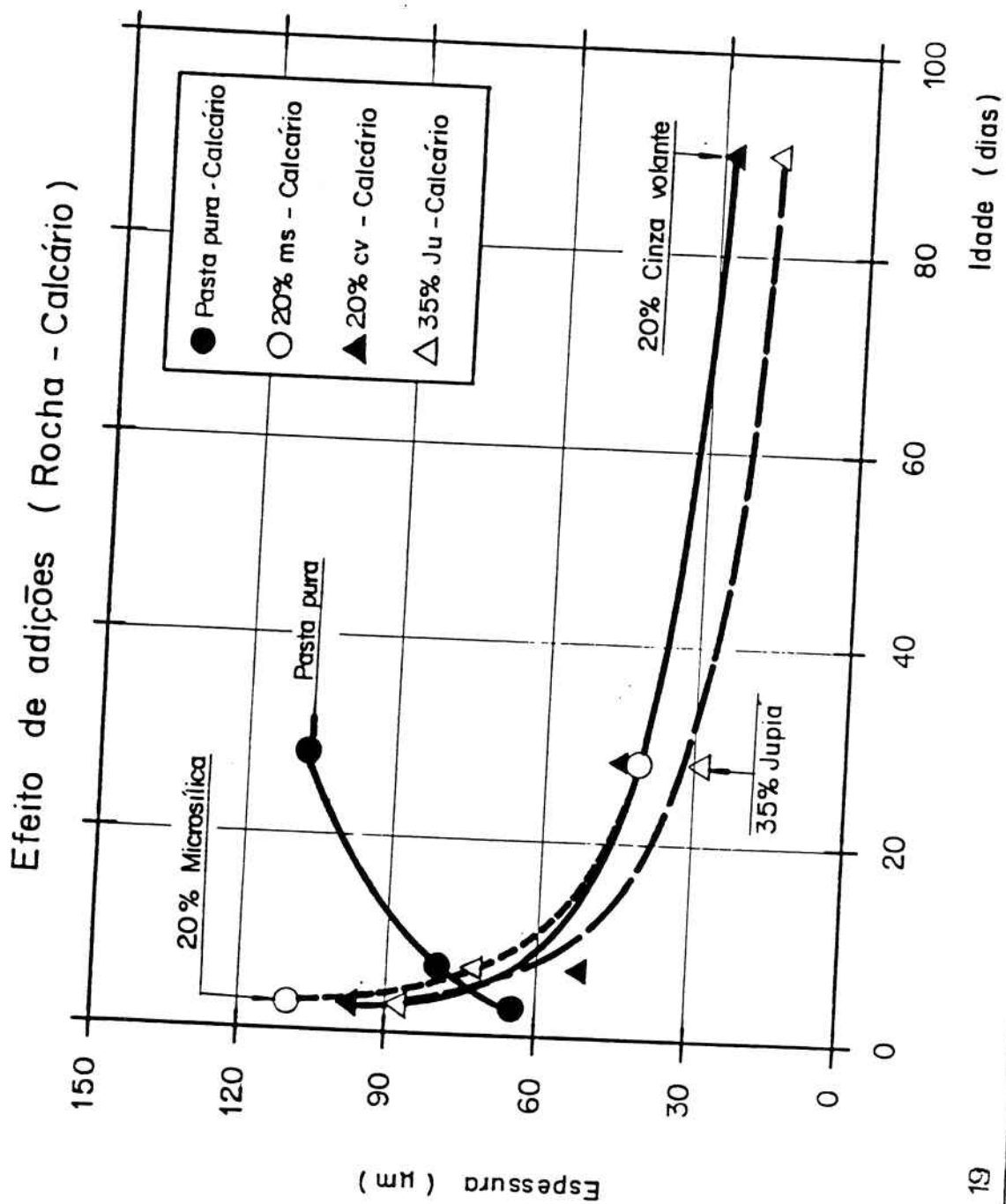


Figura 19

Representação gráfica dos resultados de difratometria de raio X para pastas com e sem adições - Calcário.

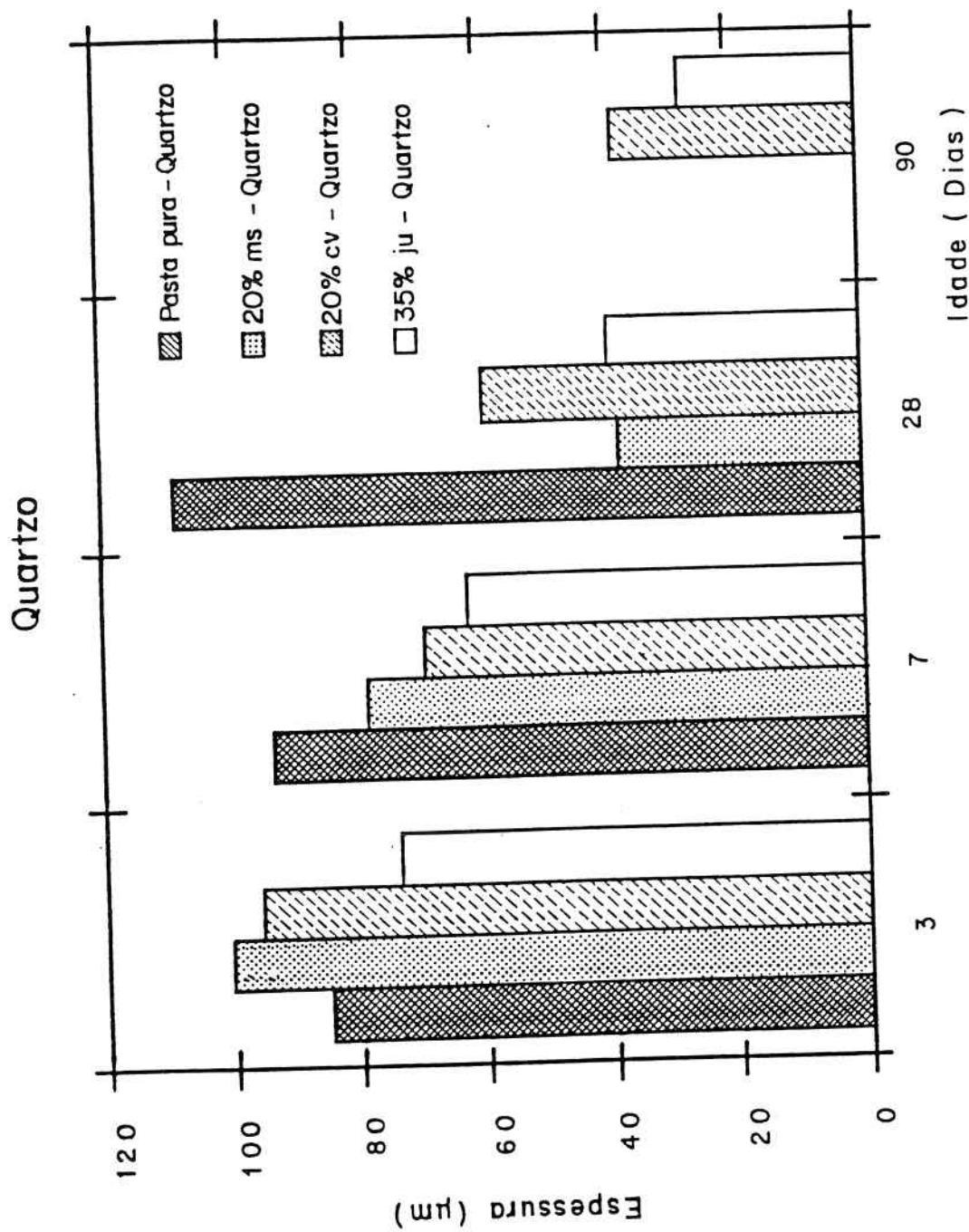


Figura 20

Evolução da zona de transição com o tempo para pastas com e sem adições - Quartzo.

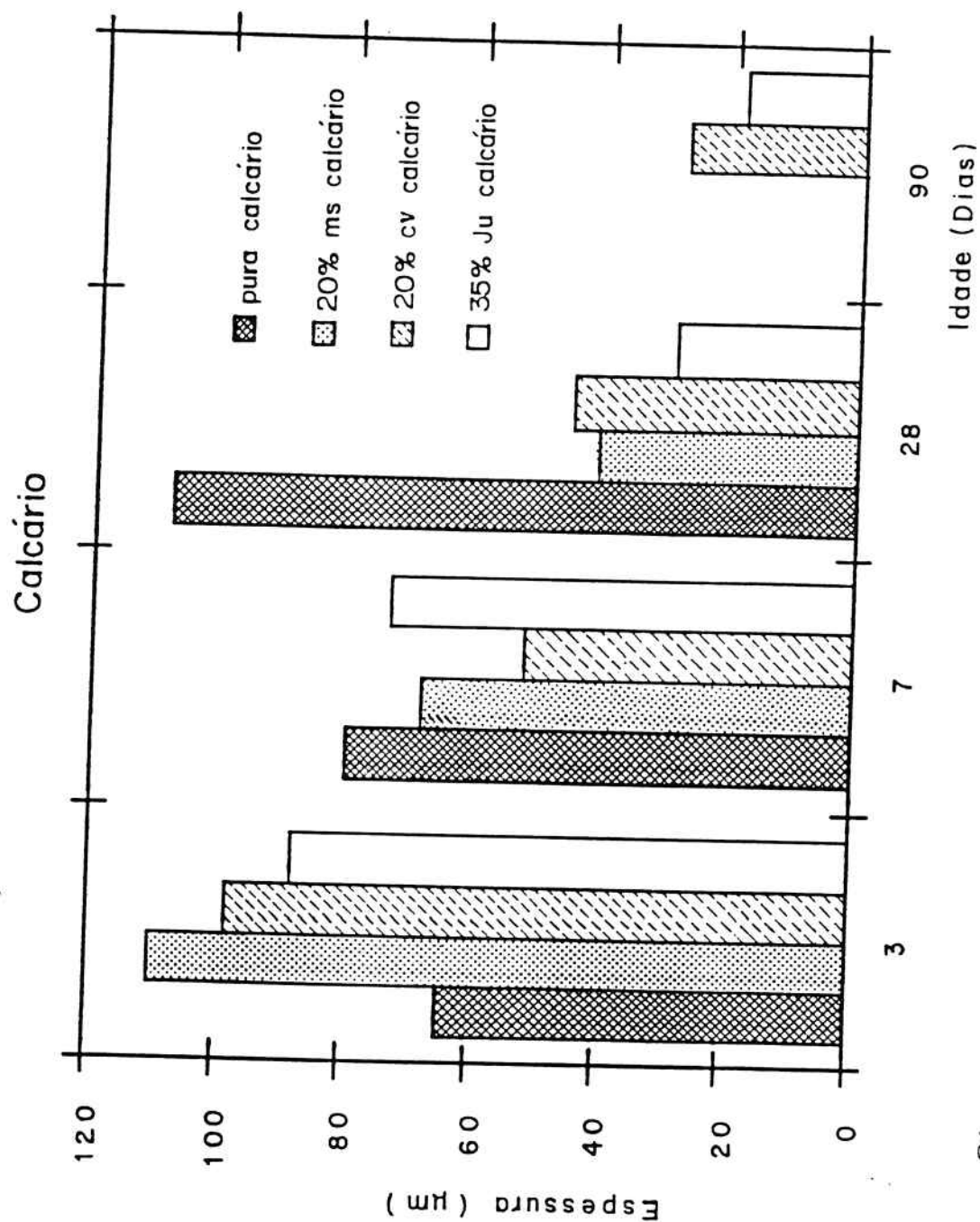


Figura 21

Evolução da zona de transição com o tempo para pastas com e sem adições - Calcário.



## BIBLIOGRAFIA

1. **MASO, J.C.** THE BOND BETWEEN AGGREGATES AND HYDRATED CEMENT PASTE. In International Congress on Chemistry of Cement, 7<sup>th</sup>, Paris, 1980. V.I, p VII - 1/3.
2. **OLLIVIER, J.P. & GRANDET, J.** NOUVELLE MÉTHODE D'ÉTUDE DES INTERFACES CIMENT-GRANULATS. In International Congress on Chemistry of Cement, 7<sup>th</sup>, Paris, 1980. V.III, p VII - 85.
3. **FARRAN, J.** CONTRIBUTION MINÉRALOGIQUE À L'ÉTUDE DE L'ADHÉRENCE ENTRE LES CONSTITUANTS HYDRATÉS DES CEMENTS ET LES MATÉRIAUX ENROBÉS. Révue des Matériaux de Construction, Paris, (490/491); Juil/Oct, 1956.
4. **GRANDET, J. & OLLIVIER, J.P.** ÉTUDE DE LA FORMATION DU MONOCARBOALUMINATE DE CALCIUM HYDRATÉ AU CONTACT D'UN GRANULAT CALCAIRE DANS UNE PÂTE DE CIMENT. Cement and Concrete Research, Elmsford, 10: 759-70, 1980.
5. **MONTEIRO, P.J.M. & MEHTA, P.K.** INTERACTION BETWEEN CARBONATE ROCK AND CEMENT PASTE. Cement and Concrete Research, Elmsford, 15: 953-58.
6. **YANG, C.Z. & ODLER, I.** THE INTERFACIAL ZONE BETWEEN MARBLE AND TRICALCIUM SILICATE PASTE. Cement and Concrete Research, Elmsford, 17: 748-92, 1985.





BOLETIM TÉCNICO - TEXTOS PUBLICADOS  
TECHNICAL BULLETIN - ISSUED PAPERS

- 
- BT 01.A/86 - Ação do Incêndio sobre as Estruturas de Concreto Armado / The Effect of Fire on Reinforce Concrete - FRANCISCO R. LANDI
- BT 01.B/86 - Ação do Incêndio sobre as Estruturas de Aço / The Effect of Fire on Steel - FRANCISCO R. LANDI
- BT 02/86 - Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria / Resistent Masonry Mortar for Structural Brickwork - FERNANDO H. SABBATINI
- BT 03/86 - Controle de Qualidade do Concreto / Quality Control of the Concrete - PAULO R. L. HELENE
- BT 04/86 - Fibras Vegetais para Construção Civil - Fibra de côco Vegetable Fibres for Building - COIR FIBRES - HOLMER SAVASTAND JR
- BT 05/86 - As Obras Públicas de Engenharia e a sua Função na Estruturação da Cidade de São Paulo / The Public Works of Civil Engineering and its Function on Structuring the City of São Paulo - WITOLD ZMITROWICZ
- BT 06/86 - Patologia das Construções. Procedimentos para Diagnóstico e Recuperação / Building B. Pathology. Diagnosis and Recovering Procedures - N. LICHENSTEIN
- BT 07/86 - Medidas Preventivas de Controle de Temperatura que Induz Fissuração no Concreto Massa / Preventive Measurements to Control the Temperature wich Produces Cracking in Mass Concrete - GEORGE INQUE
- BT 08/87 - O Computador e o Projeto do Edifício / The Computer and The Building Design - FRANCISCO F. CARDOSO
- BT 09/87 - Porosidade do Concreto / Concrete Porosity - VICENTE C. CAMPITELI
- BT 10/87 - Concretos Celulares Espumosos / Lightweight Concrete: Foam Concrete - OSWALDO FERREIRA
- BT 11/87 - Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria - Determinação das Vazões de Projeto / Building Cold Water Supply Systems - Design Flowrates Determination - MOACYR E.A. GRACA, ORESTES GONÇALVES
- BT 12/87 - Estabilização de Solos com Cimentos Pozolânicos / Soil Stabilization with Pozzolanitic Cements - ALEX KENYA ABIKO
- BT 13/87 - Vazões de Projeto em Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria - Modelo Probabilístico para Microcomputadores / Design Flowrates in Building Cold Water Supply System - Probabilistic Model for Microcomputers - MOACYR E.A. GRACA, ORESTES GONÇALVES
- BT 14/87 - Sistemas Prediais de Coleta em Esgotos Sanitários: Modelo Conceitual para Projeto / Building Drainage Systems: A Conceptual Approach for Design - MOACYR E.A. GRACA, ORESTES GONÇALVES
- BT 15/87 - Aplicação do Método de Simulação do Desempenho Térmico de Edificações / Application of Building Thermal Performance Method - VIRGINIA ARAUJO
- BT 16/87 - A Representação do Problema de Planejamento do Espaço em Sistemas de Projeto Assistido por Computador / Space Planning Problem Representation on Computer Aided Design Systems - M.C.R. BELDERRAIN
- BT 17/87 - Aspectos da Aplicabilidade do Ensaio de Ultra-Som em Concreto / Aplicability of Ultra Sound Test in Concrete - L.T. HAMASSAKI
- BT 18/87 - O uso da Grua na Construção do Edifício / The Use of The Tower Crane in Building - N.B. LICHENSTEIN
- BT 19/87 - A Adição de Fibras em Concreto de Baixo Consumo de Cimento e Análise da Fissuração devido à Retração / Fibre Reinforcement for Low Cement Contend Concretes and Analysis of Their Cracking due to Shrinkage - FRANCISCO DANTAS, VAHAN AGOPYAN
- BT 20/88 - Desempenho de Alvenaria à Compressão / Compression Performance of Masonry - LUIZ SÉRGIO FRANCO
- BT 21/88 - A Análise dos Liminares em Planejamento Urbano / Threshold Analysis in Urban Planning - JOSÉ L.C. RONCA, WITOLD ZMITROWICZ
- BT 22/88 - O Solo Criado - Sistemática para Avaliação do Preço / Systematic Procedures to Appraise the Value of a "Created Lot" - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 23/90 - O Conceito de Taxa de Retorno na Análise de Empreendimentos (Uma Abordagem Crítica) / A Rate of Return in Project Analysis (A Critical Approach to the Problem) - JOÃO R. LIMA JR.

- BT 24/90 - (BE 01/87): Carta de Brasília - FIGUEIREDO FERRAZ
- BT 25/90 - O Preço das Obras Empreitadas - análise e modelo para sua formação / The Price in Construction - analysis and a simulator for calculation - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 26/90 - Sistemas de Informação para o Planejamento na Construção Civil - Gênese e Informatização - Information Systems for Planning in Civil Engineering - Genesis and Computer Aid Systems - JOÃO DA ROCHA LIMA JR.
- BT 27/90 - Gerenciamento na Construção Civil - Uma Abordagem Sistêmica / Construction and Business Management in Civil Engineering - A Systemic Approach - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 28/90 - Recursos para Empreendimentos Imobiliários no Brasil - Debêntures e Fundos / Funds Real State Developments in Brasil - Debentures & Mutual Funds - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 29/90 - O Desenvolvimento Urbano: A Europa não Romana / Urban Development: Non-Roman Europe - WITOLD ZMITROWICZ
- BT 30/91 - Avaliação do Risco nas Análises Econômicas de Empreendimentos Habitacionais / Risk Analysis in Economic Evaluation for Residential Building Projects - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 31/91 - Tendências Atuais na Formação dos Engenheiros Cíveis - O Vetor da Modernidade e a Abordagem do Gerenciamento Civil / Engineering Graduation Tendencies Modern Trends and Business Administration Teaching - JOÃO R. LIMA JR.
- BT/PCC/32 - Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos - FERNANDO SABBATINI, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/33 - A Laje Composta na Construção Civil - UBIRACI E.L.SOUZA, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/34 - Formulação de Modelo Computacional para Análise de Redes de Hidrantes - LUIZ B.M. LATERZA, ORESTES GONÇALVES
- BT/PCC/35 - Resistência ao Fogo de Estruturas de Aço de Edifícios: Quando é Possível Empregar Perfis sem Proteção - SÍLVIO B. MELHADO, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/36 - Shopping Centers: Uma Abordagem do Dimensionamento do Potencial e das Áreas de Venda - ELIANE MONETTI, JOÃO R. LIMA JR.
- BT/PCC/37 - Alternativas de Projeto de Instalações Prediais de Gás em Edificações Habitacionais - EDUARDO IOSHIMOTO, ORESTES GONÇALVES
- BT/PCC/38 - Estudo dos Parâmetros Relacionados com a Utilização de Água Quente em Edifícios Residenciais - MARINA S. O. ILHA, ORESTES GONÇALVES
- BT/PCC/39 - Dosagem de Argamassas de Cimento Portland e Cal para Revestimento Externo de Fachada dos Edifícios - SÍLVIA M. S. SELMO, PAULO R. L. HELENE
- BT/PCC/40 - Estudo das Correlações entre Resistências à Compressão de Paredes e Prismas de Alvenaria Estrutural Cerâmica Não Armada Submetidos a Esforços de Compressão Axial - MÔNICA SIBYLLE KORFF MULLER, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/41 - Perspectivas de Superfícies Poliédricas Auxiliadas por Computador - ANA MAGDA A. CORREIA, SÉRGIO F. GONTIJO DE CARVALHO
- BT/PCC/42 - Estudo do escoamento em Condutos Horizontais de Sistemas de Coleta de Esgotos Sanitários de Edifícios Residenciais - LÚCIA HELENA DE OLIVEIRA, ORESTES M. GONÇALVES
- BT/PCC/43 - Estudos da Microestrutura da Zona de Transição entre a Pasta de Cimento e o Agregado - VLADIMIR ANTONIO PAULON, PAULO J. M. MONTEIRO







Escola Politécnica da USP - Deptº de Engenharia de Construção Civil  
Edifício de Engenharia Civil - Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2  
Cidade Universitária - CEP 05508-900 - Caixa Postal 61548 - São Paulo - SP  
Telex: (011) 81266 - Fone: (011) 815-9322 ramal 5234 - Fax: (011) 211-4308