

A DEGRADAÇÃO DE MATERIAIS CONSTITUTIVOS  
DE OBRAS DE ARTE: MATERIAIS PÉTREOS E SUA  
PROTEÇÃO POR PINTURAS ACRÍLICAS E A SILI-  
CATO

LUIZ ANTONIO CRUZ SOUZA

UFMG - ICEX/DQ 00216

D. 0172

Luiz Antonio Cruz Souza

A Degradação de materiais constitutivos de obras de arte:  
Materiais pétreos e sua proteção por pinturas acrílicas e a  
silicato

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Ciências Exatas da Universidade Federal  
de Minas Gerais(ICEX-UFMG) como parte  
dos requisitos necessários para a  
obtenção do Grau de Mestre em  
Química/Química Orgânica



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

A DEGRADAÇÃO DE MATERIAIS CONSTITUTIVOS  
DE OBRAS DE ARTE: MATERIAIS PÉTREOS E SUA  
PROTEÇÃO POR PINTURAS ACRÍLICAS E A SILICATO"

LUIZ ANTÔNIO CRUZ SOUZA

Dissertação aprovada pela Banca Examinadora constituída  
pelos Professores:

Marília Ottoni da Silva Pereira (Orientadora)  
Departamento de Química - ICEx - UFMG

Carlos Alberto Lombardi Filgueiras  
Departamento de Química - ICEx - UFMG

Dorila Pildó Veloso  
Departamento de Química - ICEx - UFMG

Belo Horizonte, 25 de setembro de 1991

**Orientador: Profa. Marilia Ottoni da Silva Pereira**

16th year of the reign of King Edward I  
Westminster, 23 June 1288<sup>1</sup>

"... on complaint by many inhabitants, that they are annoyed by lime-kilns in the said city<sup>\*</sup> and suburbs, and at Southwark, wherein the lime was formerly burnt with logs of wood, it is now burnt by sea-coal, so that the air is infected and corrupted, to view the same in conjunction with the sheriffs of London and the baliff of Southwark to provide remedies..."

\* - Londres

### **Agradecimentos especiais**

A Professora Beatriz Ramos de Vasconcellos Coelho, Diretora do CECOR/UFMG, pelo empenho que se dedica ao desenvolvimento da conservação/restauração de bens culturais no Brasil, além do apoio e incentivo que sempre tem dado a todos aqueles que se interessam pela área.

A Professora Marília Ottoni da Silva Pereira, pela tão valiosa orientação e estímulo para a nossa formação acadêmico/profissional.

## Agradecimentos

A minha mãe, D. Terezinha, pelo apoio e pela força que sempre me proporcionou.

A minha esposa Silvana, pela sua compreensão e carinho, e por estar sempre ao meu lado, em todos os momentos.

A Diretora do IRPA - Instituto Real do Patrimônio Artístico da Bélgica, Dra. Liliane Masschelein-Kleiner, por ter permitido que este trabalho se realizasse nos laboratórios do IRPA.

Ao Chefe do Laboratório do IRPA, Dr. Eddy de Witte, pela orientação na execução dos trabalhos apresentados nesta dissertação.

A todos os amigos do Departamento de Química/UFMG, pela tão boa convivência e pelo incentivo que sempre deram ao desenvolvimento de nosso trabalho.

A todos os amigos do CECOR/Escola de Belas Artes, pelo companheirismo e dedicação devotados ao desenvolvimento da área de conservação/restauração no Brasil.

Ao Waldeci, do setor de reprografia do Depto. de Química, pela indispensável colaboração para a edição desta dissertação.

Ao aluno Willi de B. Gonçalves, pela preparação das figuras apresentadas nesta dissertação.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro referente a nossa bolsa de mestrado no Brasil.

A CAPES, pelo apoio financeiro que nos proporcionou durante o período que estivemos no IRPA.

## Sumario

Resumo.....	I
Introdução.....	01
Capitulo I - Degradação de Materiais Constitutivos de	
Obras de Arte.....	06
1 - Introdução.....	07
1.1 - Degradação de materiais pela luz.....	08
1.2 - Deterioração de materiais por poluentes.....	09
1.3 - Ação da umidade para a degradação de materiais constitutivos de obras de arte.....	10
2 - Deterioração de materiais pétreos.....	12
2.1 - A cristalização de sais solúveis.....	15
Capitulo II - Introdução aos Materiais e Métodos utilizados	
1. Descrição dos suportes testados.....	20
1.a - Observações gerais.....	20
1.b - Suas características químicas e físicas.....	20
2. Natureza das Pinturas Testadas.....	21
2.a. Observações gerais.....	21
2.b. Pinturas a silicato.....	21
2.c. Pinturas acrílicas e pinturas a silicona.....	22
2.d. composição das pinturas testadas.....	25
3. Testes de Envelhecimento Acelerado.....	26
3.a. Observações gerais.....	26
3.b. Condições do envelhecimento.....	26
Capitulo III - Parte Experimental	
1. Preparação de amostras.....	29
1.a. Preparação dos suportes pétreos.....	29
1.b. Aplicação das pinturas nos suportes pétreos.....	29
2. Teste de porosidade acessível à água.....	30
3. Teste de absorção de água a baixa pressão(método do cachimbo).....	31
4. Teste de tempo de secagem.....	32
5. Procedimentos relativos aos testes de envelhecimento..	33
5.a. Exposição a vapores ácidos.....	33



5.b. Exposição à neblina ácida.....	34
5.c. Imersão em soluções ácidas.....	36
5.d. Exposição ao medidor de intempérie(Weather-O-meter).	38
5.e. Teste de cristalização de sais solúveis.....	39

#### Capitulo IV - Resultados e discussões

1. Introdução.....	42
2. Exposição aos vapores ácidos.....	42
3. Exposição à neblina ácida.....	52
4. Imersão em soluções de diferentes pH.....	60
5. Exposição ao medidor de intempérie.....	77
6. Tempo de secagem.....	80
7. Teste de cristalização de sais solúveis.....	87

Capitulo V - Conclusões.....	91
------------------------------	----

Bibliografia.....	93
-------------------	----

Apêndice I - Dados relativos ao teste de exposição aos vapores ácidos

Apêndice II - Dados relativos ao teste de exposição à neblina ácida

Apêndice III - Dados relativos ao teste de imersão em soluções de diferentes pH

Apêndice IV - Dados relativos ao teste de tempo de secagem.

## Resumo

Esta dissertação relata a nossa contribuição para aqueles que lidam com materiais em obras de arte, no que diz respeito à proteção apresentada por pinturas acrílicas, a silicato e a silicona sobre materiais pétreos.

Na Introdução faz-se um relato sobre a necessidade de associação arte-ciência para, fazendo-se uso de métodos científicos com todo o seu instrumental científico mais moderno, serem abordados problemas de conservação e restauração de obras de arte. Nesta parte, ressalta-se ainda o nome das Instituições que lideram esta associação a nível internacional e nacional permitindo a existência hoje de pessoas especialmente dedicadas do ramo, os Cientistas da Conservação.

O Capítulo I é dedicado à uma breve revisão de problemas de degradação em geral e mais especificamente daqueles de materiais pétreos.

O Capítulo II dá conta das características dos materiais pétreos estudados - pedras de Tuffeau, Euville e Balegem, das proteções aplicadas a eles - pintura acrílica, a silicona e a silicato e dos métodos de degradação acelerada aplicados a eles.

No Capítulo III descreve-se a parte experimental realizada e no Capítulo IV os resultados obtidos e a discussão dos mesmos.

Finalmente, no Capítulo V são apresentadas as conclusões a respeito da proteção apresentada pelas pinturas, mostrando que as pinturas acrílicas oferecem maior proteção que aquelas a silicato, enfatizando também o fato de que a porosidade do suporte é um dos fatores determinantes para seu comportamento frente aos agentes de degradação, além da extrema ligação que deve existir entre o suporte a ser pintado e a pintura a ser utilizada, uma vez que uma mesma pintura pode apresentar comportamentos completamente diferentes sobre suportes diferentes.

## Introdução

## Introdução

É oportuno iniciar a presente introdução rememorando os trabalhos de Lavoisier, e dentre estes aquele que levou ao princípio de conservação da massa, quando este afirma: "...we may lay it down as an incontestable axiom, that, in all the operations of art and nature, nothing is created; an equal quantity of matter exists both before and after the experiment; the quality and quantity of the elements remain precisely the same; and nothing takes place beyond changes and modifications in the combination of these elements..."<sup>2</sup>.

Realmente, no presente trabalho apresentamos alguns aspectos teóricos e práticos sobre processos de degradação de materiais pétreos e de materiais orgânicos devido às suas interações com o meio ambiente, focalizando principalmente a atuação degradadora de poluentes como dióxido de enxofre e outros agentes como umidade e luz. Tais interações vão implicar na transformação das substâncias, ocasionando em geral o que chamamos de degradação.

A preocupação do homem com as transformações sofridas pela matéria é já bastante antiga, e as tentativas de se preservar da destruição objetos, utensílios e mesmo corpos humanos datam de muitos séculos.

A referência a Lavoisier vem, neste contexto, justificar a não-perenidade das substâncias, e é neste sentido que procuramos aprofundar nosso conhecimento, especificamente sobre os processos de degradação de materiais constitutivos de obras de arte e monumentos como pinturas, esculturas, obras e documentos sobre papel, metais, pedras, etc.

A importância do desenvolvimento de trabalhos científicos voltados para a área de conservação e restauração de obras de arte reside, principalmente, no fato de que sem a compreensão, a nível científico, dos processos que caracterizam a interação entre os materiais constitutivos de obras de arte e o meio ambiente é

praticamente impossível a preservação de nossa memória e patrimônio cultural. O desenvolvimento desta área de pesquisa no Brasil é necessidade urgente, pois temos um patrimônio incalculado, com problemas bastante peculiares, seja devido às características climáticas do país ou mesmo devido às particularidades que determinaram o *modus operandi* de nossos artistas, artesãos e mestres atuantes no passado.

Uma importante parte de nossa cultura está representada pelo trabalho em pedra. Entretanto, as pedras, como praticamente todos os outros corpos, estão desaparecendo, ou melhor, se transformando. Os efeitos visíveis da degradação de materiais pétreos são conhecidos já há vários séculos, desde a época dos antigos gregos e romanos. Entretanto, a abordagem científica destes problemas só começou a manifestar-se no século XIX, juntamente com alguns esforços pioneiros ligados aos primórdios do que hoje chamamos de ciência da conservação.

Em 1850, Sir Michael Faraday e Sir Charles Eastlake<sup>3</sup> lançavam suas observações sobre os possíveis efeitos nefastos causados às obras de arte presente na National Gallery pela fumaça negra emanada das chaminés que se encontravam na região. A Revolução Industrial, que possibilitara tantos e variados avanços da época, já dava mostras dos problemas que iriam se impor num futuro não muito distante. O avanço científico na época não era, entretanto, suficiente para fazer face aos processos de deterioração de materiais que ora se manifestavam.

O estudo da degradação de materiais pétreos como consequência das interações entre estes e o meio ambiente só começou a desenvolver-se de maneira mais sistemática e efetiva por volta dos anos 20 e 30 de nosso século. Um dos fatores que contribuiu de maneira efetiva para o desenvolvimento da área foi certamente a iniciativa de diversos museus de países desenvolvidos criarem laboratórios para o desenvolvimento de trabalhos ligados à conservação de objetos de museu. Dentre os exemplos mais importantes, podemos citar<sup>4</sup>: o "British Museum's Research Laboratory", criado em 1919, o "Laboratoire de Recherche des



Musées de France", criado em 1925, o "Scientific Department" da National Gallery, em Londres, criado em 1935, e o "Institut Royal du Patrimoine Artistique", em Bruxelas, Bélgica, criado em 1932. O desenvolvimento progressivo destes laboratórios seguiu-se da publicação de periódicos especializados, dentre os quais podemos citar a revista *Museion* (1927-1946) e os "Technical Studies in the Field of the Fine Arts" (1932-1942).

No Brasil, o estudo das artes e da arquitetura, principalmente do período colonial, começou a ser fundamentado em critérios científicos, com base documental e crítica, somente a partir da criação, em 1937, do órgão de preservação do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Seu fundador e diretor, por 30 anos, Rodrigo Mello Franco de Andrade, foi um pioneiro no estímulo à pesquisa e à preservação de nosso patrimônio histórico<sup>5</sup>. A antiga DPHAN - Diretoria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional contava praticamente com a contribuição de historiadores de arte, arquitetos, engenheiros, sem contar com químicos e/ou físicos para o estudo do acervo do ponto de vista de composição material, causas e mecanismos de degradação. Em um relatório<sup>6</sup> de uma missão da UNESCO ao Brasil, realizada em 1964, o Dr. Paul Coremans, à época o diretor do Instituto Real do Patrimônio Artístico, em Bruxelas, afirma: "...Au stade actuel, le Laboratoire de la DPHAN peut être défini comme un Laboratoire technique, où la connaissance raisonnée de la matière à partir de tests variés amène a des techniques raisonnables de conservation et de restauration. Il s'agit maintenant de le transformer en un Laboratoire Scientifique, grâce à l'incorporation d'appareillage physique (en premier lieu, semble-t-il, pour la spectrographie d'émission et d'absorption), grâce surtout au recrutement d'un physicien universitaire. Celui-ci trouverait en Monsieur Motta\* un guide sûr donnant un sens pratique à ses recherches, tandis que le directeur de division et le chef de laboratoire pourraient

---

O Professor Edson Motta(1910-1981), ex-Professor da cadeira de "Teoria, Conservação e Restauração de Pinturas" na Universidade do Brasil, RJ, pode ser considerado como um dos pioneiros da análise científica de obras de arte no Brasil.

enfin faire approfondir des domaines trop peu explorés jusqu'à ce jour...".

Esta sugestão do Dr. Coremans nunca foi implementada, sendo que a instalação de um laboratório científico voltado para o exame material de obras de arte, no Brasil, só veio a se dar com a criação, em 1981, do CECOR - Centro de Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis, na Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, onde temos a satisfação de estar trabalhando desde 1983. Efetivamente, os primeiros trabalhos<sup>7,8</sup> da área de ciência da conservação, ao nível de Brasil, têm sido produzidos neste laboratório, cujo pessoal ainda está ao nível de formação acadêmica adequada. A infra-estrutura disponível nos diversos departamentos da Universidade tem proporcionado a execução de diversos trabalhos em cooperação, notadamente com o Departamento de Química/UFMG.

Devemos observar ainda que, com relação à presente dissertação, acreditamos que, apesar de o trabalho ter sido desenvolvido com materiais encontrados na Bélgica, consideramos importante o seu desenvolvimento para a nossa formação à nível de metodologia de pesquisa na área em questão. O desenvolvimento de trabalhos posteriores no Brasil, com materiais de nosso interesse, já se encontra em desenvolvimento\*, e os conhecimentos adquiridos desta experiência têm se mostrado valiosas.

---

\*-Como exemplo podemos citar o projeto de nossa autoria, solicitado pela Alcan S/A, intitulado "Poluição no interior de alguns monumentos em Ouro Preto, MG - 1a. etapa"(1990/91) e nossa participação no projeto "IDEAS - Investigation into Devices against Environmental Attack on Stones", em colaboração com o CETEC, a UFMG, o IEPHA e o governo da Alemanha(1989 - 1992).

**Capítulo I - Degradação de Materiais Constitutivos de Obras de Arte**



## Capítulo I - Degradação de Materiais Constitutivos de Obras de Arte

### 1 - Introdução

A constituição material das obras de arte e sua relação com o meio ambiente são os princípios básicos que determinam que as primeiras apresentem a propriedade de se degradar com o tempo.

Numa primeira classificação, bastante abrangente, podemos dividir os materiais que compõem as obras de arte em dois grupos principais: materiais orgânicos e materiais inorgânicos. Dentre os primeiros estão envolvidos materiais diversos como: papel, tecidos, pergaminho, couro, cabelo, corantes, óleos, resinas, colas, madeira, além dos diversos materiais orgânicos sintéticos. Dentre os materiais inorgânicos citamos como exemplo vidros, metais, pedras, etc.

A composição química de obras de arte depende da tecnologia utilizada para sua fabricação, mas geralmente estas contêm tanto materiais orgânicos como inorgânicos. As pinturas à óleo, por exemplo, consistem de camadas de tinta preparadas à partir de pigmentos inorgânicos sintéticos ou naturais, fixados através de um meio oleoso (óleo secativo como óleo de linhaça, p. ex.), que se polimeriza com o tempo. Tais camadas de tinta encontram-se sobre um suporte que pode ser de madeira, metal, vidro, tecido, etc. Outras obras podem ser compostas somente de materiais inorgânicos como esculturas em bronze, em pedra, etc.

As causas de degradação de obras de arte envolvem diversos fatores como a luz, umidade, poluentes, agentes biológicos (como microorganismos e insetos) e mesmo o fator humano, que por diversas vezes é o principal responsável pela degradação de obras. A ação humana para a degradação de obras de arte caracteriza-se às vezes por vandalismo, negligência e até mesmo por ignorância de condições mais adequadas para a armazenagem, transporte e exibição de obras de arte.

## 1.1 - Degradação de materiais pela luz

A degradação causada pela luz se refere praticamente aos danos causados a materiais orgânicos. A luz afeta a camada superficial dos objetos: em camadas de pintura a degradação ocorre somente na parte exposta, podendo ir de 4 a 40 micra de profundidade<sup>p</sup>. Os fenômenos de degradação estão ligados à foto-oxidação dos materiais. A capacidade da radiação de causar degradação está ligada ao seu comprimento de onda, sendo que quanto menor o comprimento de onda maiores são os danos causados. A luz ultra-violeta, por exemplo, presente em grande quantidade na radiação solar e na maioria das lâmpadas fluorescentes, deve ser eliminada o máximo possível (nível máximo recomendado: 75  $\mu\text{W}/\text{lumen}$ ) quando da exposição de obras de arte sensíveis à luz. O tempo de exposição à luz também é um fator que deve ser levado em conta, uma vez que os efeitos de foto-degradação são cumulativos. A potencialidade da radiação para causar danos fotoquímicos está ligada ao comprimento de onda, sendo que os menores comprimentos de onda são aqueles que podem causar maiores danos. Tal efeito é devido à relação entre o comprimento de onda e a energia correspondente do fóton. Não se pode assumir, entretanto, uma relação numérica direta entre degradação e comprimento de onda, uma vez que cada substância tem suas características de absorção e reflexão da luz, sendo portanto sensível a algumas bandas de radiação mas não a outras.

### 1.1.a. Exemplos de danos causados pela luz aos objetos

- amarelecimento dos vernizes de pinturas;
- esmaecimento das cores dos tecidos;
- destruição das fibras (papel, tecidos naturais e sintéticos);
- amarelecimento e enfraquecimento do papel;
- esmaecimento de fotografias;
- polimerização ou mesmo despolimerização de substâncias como acrílicos e seus derivados;
- aumento do nível de acidez de resinas terpênicas utilizadas como vernizes, etc.

### 1.1.b. Sensibilidade à luz

De acordo com a sensibilidade à luz, os objetos são classificados da seguinte forma:

- 1) *não sensíveis*: pedra, cerâmica, metais, madeira estrutural;
- 2) *sensíveis*: pinturas a óleo e a têmpera, couro não-colorido, madeira e marfim decorativos.;
- 3) *muito sensíveis*: tecidos, tapeçaria, papel, aquarela, manuscritos, miniaturas, couro colorido, plumagens.

A bibliografia sobre este assunto é bastante extensa, e o leitor interessado poderá encontrar um vasto material nos livros de Thomson<sup>10</sup> e Feller<sup>11</sup>.

### 1.2. Deterioração de materiais por poluentes

A degradação de materiais constitutivos de obras de arte por poluentes é um fator de extrema importância nos dias atuais, devido à complexidade da composição de nossa atmosfera e à elevada emissão de poluentes pelas mais diversas fontes. Face à esta situação, diversos museus em países desenvolvidos têm seu ambiente interno extremamente controlado\*, sendo colocados filtros anti-poluentes nos sistemas de ar condicionado, de modo a impedir a entrada destes no ambiente do museu. Dentre os principais poluentes que causam a degradação de obras de arte, podemos citar:

- Ozônio: esmaece corantes e pigmentos; causa craquelês na borracha; torna os têxteis quebradiços; reage com aglutinantes de pinturas; geralmente ataca a maioria das duplas ligações C=C.
- Dióxido de nitrogênio: muda a cor de corantes; causa o amarelecimento e torna quebradiças fibras compostas de Nylon, seda, lã, Rayon.
- Ácido nítrico: ataca pedras calcárias e papéis tamponados; corrói ligas baseadas em cobre.

---

\* - National Gallery, em Londres; Gene Autry Museum, Los Angeles; Museum Support Center, da Smithsonian Institution, em Suitland, Maryland.

- Nitrato de Peroxiacetila(PAN): ataca ligações carbono-carbono insaturadas; causa a oxidação de grupos amino e ligações enxofre-enxofre em proteínas e enzimas.
- Dióxido de enxofre: é absorvido pela celulose; reage com couro e pergaminho; quando em contato com umidade e metais de transição é convertido em ácido sulfúrico, que por sua vez reage com qualquer substrato sensível a ácidos como: pigmentos, corantes, metais, minerais, etc.
- Material particulado: degradação em potencial para materiais sensíveis a ácidos; partículas de sal são altamente corrosivas para a maioria dos metais.
- Formaldeído e acetaldeído: provavelmente interagem com alguns materiais fotográficos; provocam a formação de ligações cruzadas em colágenos; acima de 65°C são irreversivelmente adsorvidos pela celulose; reduzem a resistência física de determinadas fibras animais; convertem-se em ácido fórmico e acético, respectivamente.
- Ácido Fórmico e Ácido Acético: corrosão de bronzes que contenham chumbo; corroem a maioria dos metais não-nobres; podem causar a hidrólise ácida da celulose; atacam cascas de ovos, vidros e materiais calcáreos.
- Compostos de enxofre reduzidos(sulfeto de hidrogênio e sulfeto de carbonila: escurecem objetos de prata; convertem pigmentos como o branco de chumbo[ $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$ ] em sulfeto de chumbo(preto); podem reagir com pigmentos vermelhos que contenham chumbo.

As pesquisas relativas à deterioração de materiais constitutivos de obras de arte por poluentes estão em franca expansão, sendo que diversos estudos são bastante recentes<sup>(12-21)</sup>.

### 1.3. Ação da umidade para a degradação de materiais constitutivos de obras de arte

Os materiais hidrófilos como papel, madeira, tecido, couros, pergaminhos e diversos outros são extremamente sensíveis às variações de umidade relativa(U.R.) do ambiente. Existe sempre uma tendência ao equilíbrio entre o conteúdo de umidade do material e a umidade relativa do ambiente no qual este se encontra. A



presença, em maior ou menor extensão, de água no material, implica em mudanças dimensionais que farão com que o material se movimente quando da mudança das condições de umidade relativa ambiente. Desta maneira, a maioria dos materiais hidrófilos apresenta dilatações volumétricas em condições de elevada U.R., tendendo a se contrair em condições de U.R. baixa. São estas movimentações devido às variações de U.R. que são a principal causa de degradação de diversos objetos como esculturas em madeira, livros, obras sobre papel, pinturas sobre tela e sobre madeira, pergaminhos, couros, etc. Geralmente as obras de arte são compostas, como já foi afirmado acima, de diversos tipos de materiais, que reagirão de maneira diferente às variações de U. R., fazendo com que ocorram tensões localizadas e o posterior aparecimento de rachaduras (craquelês) em pinturas e esculturas. Além disso devemos citar que a madeira, tecidos e o papel, em condições de U.R. abaixo de 40 % tornam-se bastante ressecados e conseqüentemente, quebradiços. Valores elevadas de U.R., geralmente acima de 70%, também não são recomendáveis, uma vez que são criadas condições propícias para o desenvolvimento de insetos e microorganismos. Objetos metálicos submetidos a elevados valores de U.R. apresentam problemas de corrosão. Os valores geralmente recomendados para U. R. para materiais sensíveis são, para pinturas sobre tela e esculturas, entre 50 ou 55  $\pm$  5%<sup>10</sup>. O ideal é que os valores de U.R. se mantivessem constantes e na faixa ideal, de modo a serem evitadas mudanças bruscas de U.R. Tais fatores devem ser efetivamente levados em consideração quando do transporte de obras de arte de um local para outro. Os valores mundialmente recomendados estão, atualmente, sendo objeto de discussão entre os especialistas, uma vez que as características climáticas das diversas regiões do globo são bastante distintas, e a média de U.R. nestas diversas regiões também são distintas. Uma escultura em madeira em Ouro Preto, p. ex., está sujeita a valores médios de U.R. acima dos valores recomendados. Caso esta escultura seja colocada em um ambiente de museu no qual são respeitados os valores internacionalmente recomendados, poderíamos correr sério risco de modificações estruturais da escultura, resultando em danos materiais a esta.

A presença de umidade, associada à presença de poluentes como dióxido de enxofre pode causar a formação de ácido sulfúrico na superfície dos materiais, os quais se degradam portanto em função da acidez formada.

## 2. Deterioração de materiais pétreos

A deterioração de monumentos e de materiais pétreos expostos ao relento envolve os fatores que operam para alterar a aparência, as dimensões, ou o comportamento químico do material. Estes fatores incluem:

- 1 - Ataque químico, que provoca erosão e dissolução de pedras alcalinas por substâncias ácidas, sejam estas naturais ( $\text{CO}_2$  atmosférico, gases vulcânicos, água de chuva) ou produzidos pelo homem (produtos de combustão, emissões industriais);
- 2 - Degradação mecânica, causada pelas forças expansivas geradas nos poros, canais e craquelês através do congelamento de água, crescimento de cristais ou pela corrosão de metais (ferro) ou minerais (pirita) incrustados no interior do material;
- 3 - Desfiguração, devido à migração para a superfície da pedra, de produtos coloridos, provenientes de outros materiais (ferrugem, cobre); ou de alteração da cor ou textura original pela lixiviação seletiva de um ou mais dos componentes da pedra;
- 4 - Abrasão, atrito, craquelamento devido a tensões provocadas pelo impacto de partículas carregadas pelos ventos, choques sísmicos, vibrações induzidas pelo tráfego veicular, acidentes, contatos humanos, etc.
- 5 - Desfiguração e degradação química e mecânica resultante de atividade de agentes microbiológicos como fungos, bactérias, algas, além de outros agentes biológicos como pássaros, plantas, etc.
- 6 - Exfoliação e desintegração resultante do design e construção

inapropriados, como a utilização de rochas sedimentares com seus planos de clivagem paralelos à direção das maiores tensões, ou o uso de morteiros muito duros (ex. cimento Portland entre pedras mais macias ou mesmo tijolos);

7 - Danos mecânicos e químicos, devido à materiais não adequados adicionados à obra por restauradores com pouco conhecimento técnico-científico.

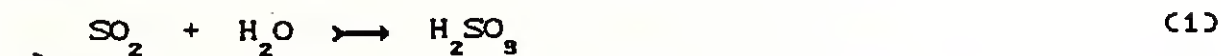
8 - Deterioração devido a depósitos de sujeira, poeira, gordura, pinturas, etc.

A Revolução Industrial ocorrida no século XIX provocou importantes mudanças na atmosfera de regiões industrializadas. A utilização de matéria orgânica como combustível industrial, inicialmente a hulha e seguindo-se a esta os derivados de petróleo, aliados à utilização destes materiais pelos meios de transporte e o aquecimento do interior de casas (principalmente nos países do Hemisfério Norte) introduz no ar uma enorme quantidade de gases nocivos ao equilíbrio ambiental. A atmosfera contém, por consequência, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, ozônio em concentrações bem superiores que o 'background' natural. Além dos citados gases devemos citar o material particulado suspenso no ar, resultante sobretudo da combustão incompleta de combustíveis. Tal material particulado contém geralmente partículas negras, compostas de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de ferro.

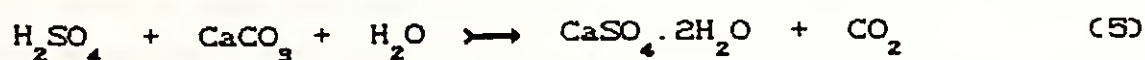
Relativamente aos materiais pétreos, o problema derivado das citadas modificações ambientais é principalmente ligado à degradação destes causada pelo ácido sulfúrico formado a partir do dióxido de enxofre presente no ar. Nas regiões industrializadas, a concentração de dióxido de enxofre no ar é no mínimo dez vezes maior que sua concentração natural<sup>10</sup>.

A formação de ácido sulfúrico a partir do dióxido de enxofre se passa em presença de umidade e de catalisadores, sejam estes metais como ferro, manganês ou luz ultra-violeta. Cineticamente existem duas possibilidades para a oxidação do dióxido de enxofre

a ácido sulfúrico<sup>22,23</sup>.



O efeito prático da formação de ácido sulfúrico relativamente a materiais pétreos é a reação de neutralização entre o carbonato de cálcio presente em determinados materiais e o ácido sulfúrico<sup>24</sup>:



O ácido sulfúrico pode ser formado na superfície da pedra ou então ser transportado até esta superfície pela água da chuva, ou mesmo pelas partículas negras que se encontram suspensas no ar e podem se depositar como material sedimentável. Os efeitos do ataque do ácido sulfúrico são facilmente observáveis: para tanto bastaria observar-se uma escultura em pedra calcárea exposta ao relento.

Dois fenômenos podem ser observados:

a) Formação de crostas negras nas partes da pedra não expostas à chuva direta (partes não lavadas). Este fenômeno se explica pela formação de sulfato de cálcio (reação 5), que vai servir como aglutinante para a fixação das partículas negras que se depositam sobre a superfície pétreo. Tais partículas contém traços de metais como ferro, p. ex. Sua superfície constitui, portanto, uma superfície bastante ativa para que se efetue a catálise da oxidação do dióxido de enxofre a ácido sulfúrico. Neste caso ocorre a formação de uma crosta negra que aumenta de espessura com o passar do tempo. Os efeitos destrutivos causados por este tipo de fenômeno se manifestam através da perda de matéria da pedra. As crostas negras que se formam sobre a superfície das pedras possuem características físicas diferentes daquelas apresentadas pelo



suporte. A absorção de calor, por exemplo é maior para a crosta negra que para o suporte pétreo, uma vez que a primeira é negra. Além disto, o coeficiente de dilatação térmica destas superfícies deve ser diferente, o que certamente provoca fraturas e posterior descamação da pedra. Tal descamação coloca novamente a superfície pétrea exposta à formação de uma nova crosta negra, devendo portanto repetir-se o processo de degradação.

b) as partes da pedra que são expostas à chuva direta ou que são lavadas pela água da chuva não apresentam crostas negras. Neste segundo fenómeno o processo que predomina é a dissolução do carbonato de cálcio presente na pedra pela ação da solução ácida que o atinge, formando-se uma solução bastante diluída de sulfato de cálcio e desprendendo-se gás carbônico. Ocorrerá, portanto, perda de matéria do suporte pétreo. Quando a ação da água de chuva cessa, a parte da solução que se infiltrou no suporte pétreo começará a se concentrar pela evaporação do solvente aquoso. A evaporação da água tenderá a trazer à superfície pétrea os íons presentes na solução, os quais irão finalmente se cristalizar. Tal cristalização pode ocorrer sobre a superfície da pedra ou mesmo a uma pequena distância desta, o que vai depender da porosidade da pedra e da dimensão dos poros, ventilação, etc. Quando a cristalização ocorre no interior dos poros pode haver degradação do material pétreo pela ocorrência de fissuras ocasionadas pela pressão exercida pelos cristais na superfície dos poros, quando de sua cristalização.

## 2.1 - A cristalização de sais solúveis<sup>25</sup>

Um outro fator que exerce um papel muito importante para a degradação de materiais pétreos e outros materiais de construção em geral é a presença de sais solúveis em água no interior destes materiais. Tal fator pode ser atribuído a três fontes principais:

- os sais solúveis fazem parte da composição do próprio material, como por exemplo no caso de argamassas nas quais se adiciona cloreto de sódio;
- os sais solúveis são adicionados aos materiais por tratamentos de conservação/restauração. Neste caso podemos citar como exemplo

a utilização de silicatos alcalinos para a consolidação de pedras. A precipitação da sílica é acompanhada pela formação de carbonatos alcalinos ( cf. reação 6). No século XIX era bastante difundida a utilização de silicato de sódio para a consolidação de pedras<sup>26</sup>. Entretanto, sua utilização foi interrompida devido ao fato de que este tipo de tratamento provocava eflorescências de carbonato de sódio, o que provocava problemas relativos à conservação posterior do material.

- sais solúveis que são adicionados ao material pela ascensão capilar de solução aquosa proveniente do solo. Tal fenômeno pode ser observado em regiões cujo solo contenha sais susceptíveis de serem transportados pela água, por dissolução. Na região de Ouro Preto, por exemplo, pode-se notar que a superfície das pedras presentes em construções apresenta desgaste por descamação. Tal fato pode ser atribuído ao transporte e cristalização de óxidos de ferro que remontam do solo até a superfície das pedras<sup>27</sup>.

Os problemas relativos à presença de sais solúveis estão relacionados à dois aspectos principais:

- estético, uma vez que a eflorescência de sais à superfície do material provoca uma mudança de seu aspecto. Neste caso uma simples limpeza será suficiente para que sejam eliminados os cristais presentes na superfície do material, não ocorrendo, portanto, danos à este;

- de conservação, posto que quando a cristalização destes sais ocorre no interior dos poros do material pode haver o surgimento de fraturas causadas pela pressão dos sais sobre a parede dos poros. Quando o fluxo de água que se movimenta por capilaridade no interior do material não é suficiente para permitir a substituição da água que se evapora na superfície, ocorrerá também uma tendência da água se evaporar logo abaixo da superfície do material. Neste caso a cristalização dos sais irá, portanto, ocorrer no interior dos poros do material. Caso tais sais sejam higroscópicos ou possuam um volume molar elevado o suficiente para que, quando da cristalização, ocupem um volume maior que o volume

do poro, ocorrerão pressões enormes na superfície interna dos poros. Tais pressões ocasionarão microfissuras no material, que certamente provocarão uma diminuição da resistência mecânica deste e o desenvolvimento posterior de esfoliações. Desta maneira, além da degradação da superfície por delaminações esta ficará sujeira à entrada posterior de água de chuva, umidade, etc.

A tabela (1) abaixo apresenta uma lista dos sais solúveis susceptíveis de serem encontrados em elementos de cantaria<sup>28</sup>.

Fórmula	Denominação
<b>Sulfatos</b>	
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	sulfato de magnésio
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	sulfato de cálcio bihidratado
$Na_2SO_4$	sulfato de sódio
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	sulfato de sódio decahidratado
<b>Nitratos</b>	
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	nitrito de magnésio hexahidratado
$Ca(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	nitrito de cálcio trihidratado
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	nitrito de cálcio tetrahidratado
$5Ca(NO_3)_2 \cdot 4NH_4NO_3 \cdot 10H_2O$	nitrito duplo de cálcio e amônio
<b>Cloretos</b>	
$NaCl$	cloreto de sódio
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	cloreto de cálcio
<b>Carbonatos</b>	
$Na_2CO_3 \cdot 7H_2O$	carbonato de sódio heptahidratado
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	carbonato de sódio decahidratado
$K_2CO_3$	carbonato de potássio

Tabela (1)- sais solúveis susceptíveis de serem encontrados em cantaria<sup>28</sup>.

O sulfato de sódio, por exemplo, pode conter até dez moléculas de água de cristalização, dependendo das condições de umidade relativa e temperatura. A temperaturas inferiores a 32°C as diversas formas hidratadas de sulfato de sódio podem existir, em função da umidade relativa do ambiente. Quando esta última varia,

o sal vai se hidratar ou desidratar para atingir o equilíbrio. Os diferentes estados de hidratação provocarão pressões nas paredes dos poros nos quais o sal se encontra até o momento no qual as fissuras já citadas começarão a se desenvolver.

## **Capítulo II - Introdução aos Materiais e Métodos Utilizados**

## Capítulo II - Introdução aos Materiais e Métodos Utilizados

### 1 - Descrição dos suportes testados

#### 1.a - Observações gerais

O suportes testados apresentam características químicas e físicas que influenciam o seu comportamento relativamente às intempéries. A composição química determina a reatividade do suporte frente aos ácidos(chuva ácida e neblina ácida) e a estrutura física do material determina suas propriedades relativamente ao movimento de água no seu interior, permeabilidade ao ar, coesão interna, resistência mecânica, etc.

#### 1.b - Suas características químicas e físicas

##### 1.b.1 - Características químicas

As pedras testadas são pedras calcáreas, a saber:

- Tuffeau de Maastricht
- Euville
- Balegem

A pedra Tuffeau de Maastricht(Tuffeau) é composta praticamente de 100 por cento de esqueletos de micro-organismos marinhos, esqueletos estes compostos de carbonato de cálcio.

A pedra Euville é constituída por carbonato de cálcio, com a calcita granulada e micro-granulada como aglutinante.

A pedra Balegem é constituída de calcita e também de grãos de quartzo.

##### 1.b.2 - Características Físicas: porosidade acessível à água<sup>2º</sup>

Os suportes testados são materiais porosos e, conseqüentemente, é importante o conhecimento de valores numéricos que possam caracterizar a porcentagem de poros que é acessível à água. O



teste de porosidade acessível à água permite a verificação deste valor.

O resultados apresentados na tabela (2), a seguir, permitem verificar que a pedra Tuffeau é bastante porosa, quando comparada às outras duas testadas. A pedra Balegem apresenta o menor valor de porosidade acessível à água, ficando a pedra Euville com um valor desta propriedade intermediário entre os valores encontrados para as pedras Tuffeau e Balegem.

Pedra	Porosidade P (%)
Tuffeau	50,2
Euville	28,0
Balegem	10.4

Tabela (2) - Porosidade acessível à água dos suportes testados<sup>2º</sup>

## 2 - Natureza das pinturas testadas

### 2.a - Observações gerais

As informações referentes à composição das pinturas testadas neste trabalho se baseiam sobretudo nas informações obtidas pela consulta aos catálogos dos respectivos fabricantes, além dos resultados de difração de raios X efetuadas no laboratório do Instituto Real do Patrimônio Artístico.

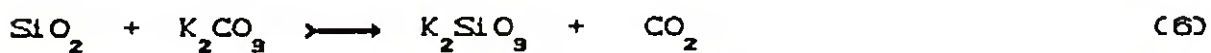
No presente trabalho foram testados três sistemas diferentes de pintura, dependendo do aglutinante presente na tinta:

- a) pintura a silicato;
- b) pintura acrílica;
- c) pintura a silicona.

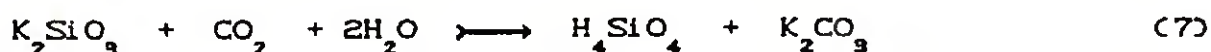
### 2.b - Pinturas a silicato

Os silicatos alcalinos, ou vidros líquidos, são compostos inorgânicos formados à partir da reação de um carbonato alcalino

com a sílica a uma temperatura de 1400°C:



Os vidros líquidos são conhecidos desde a antiguidade clássica. Entretanto, a produção industrial destas substâncias somente se iniciou no século XIX, na Alemanha, com os trabalhos de Fuchs<sup>26</sup>. As pinturas a silicato secam devido à fraca acidez do ácido silícico, o que permite ao gás carbônico presente no ar de, em presença de água, deslocar o equilíbrio da reação (7) para a direita, formando o ácido silícico e carbonato de potássio.



Historicamente, podemos citar o silicato de sódio como o composto mais utilizado<sup>26</sup>. Entretanto os problemas causados devidos à formação de sais de sódio solúveis (sulfato de sódio) pela reação com o ácido sulfúrico proveniente de chuva ácida fizeram com que este produto fosse substituído por silicato de potássio.

## 2.c - Pinturas acrílicas e pinturas a sílica<sup>30</sup>

A formulação destes dois tipos de pintura encontra-se bastante próxima das formulações tradicionais, ou seja, um aglutinante orgânico e pigmentos e cargas que formarão um filme após a secagem do aglutinante. Deve-se ressaltar, entretanto, um enorme avanço no que se refere à saúde do aplicador, uma vez que as formulações atualmente disponíveis no mercado podem ser encontradas em forma de emulsões aquosas. Tal avanço significa a eliminação do problema de utilização de solventes orgânicos, os quais são geralmente bastante tóxicos. Além desta observação quanto à saúde do aplicador, devemos levar em conta que o trabalho com tintas na forma de emulsão permite a utilização de polímeros de maior grau de polimerização que aqueles normalmente utilizados em soluções com solventes orgânicos. Tal fator afeta diretamente a resistência das pinturas às intempéries, uma vez que os polímeros de maior grau de polimerização apresentam maior resistência aos agentes químicos, mecânicos e aos agentes de degradação fotoquímica.



As resinas de silicona são constituídas pelo monômero apresentado na figura (1) abaixo, sendo que o grupamento R pode ser um grupo metila ou fenila, dentre aqueles mais utilizados e que dão às resinas silicona seu caráter hidrófobo.

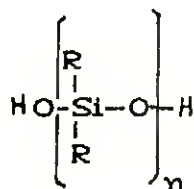
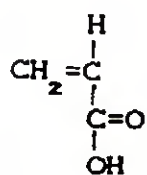


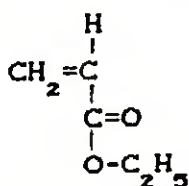
Figura (1) - Monômero de resina silicona. R = grupo metila ou fenila.

A estabilidade das resinas silicona deve-se ao fato de que as ligações Si—C e Si—O são bastante estáveis.

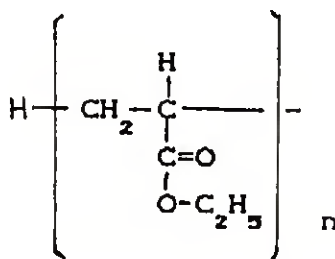
As resinas acrílicas compreendem uma enorme variedade de produtos, obtidos à partir da polimerização do ácido acrílico, ácido metacrílico e seus derivados<sup>94</sup>.



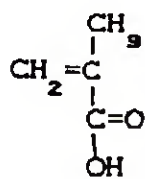
ácido  
acrílico



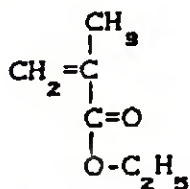
acrilato de  
etila



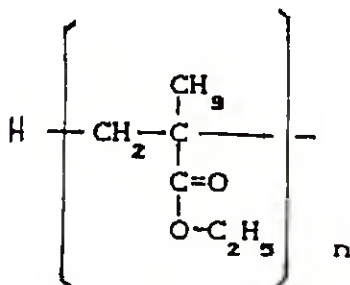
poli(acrilato de etila)



ácido  
metacrílico



metacrilato de  
metila



poli(metacrilato de metila)

As propriedades químicas e físicas das resinas acrílicas dependem do tipo de monômero empregado e do grau de polimerização do polímero obtido. Em geral, a exposição à luz ultra-violeta(U.V.)

não provoca mudança de cor da resina, entretanto o tipo de degradação a ser apresentado pela resina depende fortemente de sua composição. A degradação pode ser sob a forma de elevação do grau de polimerização, através da formação de ligações cruzadas<sup>92</sup>. No caso de pinturas para fachada este fator não seria uma desvantagem, tendo em vista que aumentaria a resistência do filme de resina às intempéries. Tal fato, entretanto, pode ser extremamente desvantajoso quando se tratam de resinas utilizadas como vernizes para pinturas uma vez que, com o passar do tempo, a resina pode apresentar outras características óticas e mecânicas que justifiquem a sua remoção da pintura. Uma vez que a resina envelhecida apresenta-se com ligações cruzadas, sua solubilidade em solventes orgânicos será diferente daquela apresentada pela resina nova. Tal mudança de parâmetros de solubilidade pode levar à utilização de solventes que sejam danosos para a camada pictórica. A degradação pode também se apresentar sob a forma de diminuição do grau de polimerização da resina. Ocorre neste caso uma despolimerização, caso comum nas colas à base de cianoacrilatos<sup>93</sup>, por exemplo.

As resinas acrílicas, em particular, apresentam-se bastante estáveis à luz U.V., o que faz com que estas sejam normalmente utilizadas como pinturas para edifícios, fachadas, e outras superfícies expostas ao sol, chuva, ventos, etc.

## 2.d - Composição das pinturas testadas

### 2.d.1 - Aglutinantes

A tabela (2), a seguir, apresenta as pinturas testadas e respectiva classificação quanto ao aglutinante presente.

Pintura	silicato	acrilico	silicona
<i>Keim</i>	x	x	-
<i>Z. M. verf</i>	x	x	-
<i>A. Z. verf</i>	x	-	-
<i>Beckosil</i>	x	-	-
<i>Funcosil d</i>	x	-	-
<i>Beecksche</i>	x	-	-
<i>Wakopraverf</i>	-	x	-
<i>Leviscryl mat</i>	-	x	-
<i>Herbol I</i>	-	x	-
<i>Herbol II</i>	-	x	-
<i>Herbol III</i>	-	x	-
<i>Funcosil la</i>	-	-	x

Tabela (2) - comparação entre os tipos de pintura testados, segundo o tipo de aglutinante presente; x = contém o aglutinante; - = não contém o aglutinante.

### 2.d.2 - Pigmentos e cargas

A análise das tintas utilizadas nos testes foi efetuada, através de difração de raios-x, tendo sido utilizado o aparelho existente no IRPA. A tabela abaixo apresenta apenas a composição das pinturas com respeito às substâncias inorgânicas cristalinas que nelas se encontram:

Pintura	CaCO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	BaSO <sub>4</sub>
<i>Keim</i>	M	M	m	-
<i>Z. M. verf</i>	M	m	M	m
<i>A. Z. verf</i>	M	m	M	-
<i>Beckosil</i>	m	M	M	-
<i>Funcosil d</i>	m	m	M	-
<i>Beecksche</i>	m	m	M	m
<i>Wakopraverf</i>	-	M	m	-
<i>Funcosil la</i>	M	M	-	-
<i>Leviscryn mat</i>	-	M	M	-
<i>Leviscryn</i>	m	M	-	-
<i>Armierungbasis</i>	-	M	-	-
<i>Herbolacryl</i>	-	M	-	-
<i>Herbocolor</i>	M	m	-	-
<i>Einschichtfarbe</i>	M	m	-	-

Tabela (3) - Composição das pinturas utilizadas, relativamente aos componentes inorgânicos; análise por difratometria de raios-X. TiO<sub>2</sub> = rutilo ASTM 04.0551, CaCO<sub>3</sub> = calcita ASTM 5-0586, SiO<sub>2</sub> = quartzo α ASTM5-0490, BaSO<sub>4</sub> = sulfato de bário; M=maior proporção, m=menor proporção; os materiais listados como Armierungbasis, Herbolacryl, Herbocolor e Einschichtfarbe são componentes das camadas dos sistemas de pintura Herbol.

### 3. Testes de envelhecimento acelerado

#### 3.a - Observações gerais

Os métodos de envelhecimento acelerado utilizados para testar os diferentes sistemas suporte-pintura compreendem testes nos quais simulamos condições de exposição às intempéries. Tais condições são, em geral, bem mais pronunciadas que as condições normais de exposição. Tal artifício é utilizado visando uma maior rapidez na acumulação de dados experimentais e o fato de que o envelhecimento natural pode por vezes levar vários anos para mudar as propriedades dos materiais.

#### 3.b - Condições do envelhecimento

No presente trabalho efetuamos testes para verificar a resistência dos diversos sistemas suporte-pintura às seguintes condições:

- imersão em soluções ácidas: com o objetivo de verificar a resistência dos sistemas testados à lixiviação por chuva ácida;
- exposição a vapores ácidos: com o objetivo de verificar a resistência dos sistemas testados à ambientes com elevada concentração de vapores ácidos;
- exposição à neblina ácida: com o objetivo de verificar a resistência dos sistemas testados a ambientes com presença de neblina ácida;
- exposição ao weather-o-meter (medidor de intempérie): com o objetivo de verificar a resistência dos sistemas testados à ação conjunta de fatores como temperatura elevada, presença de luz ultra-violeta e chuva;
- teste de cristalização de sais solúveis: com o objetivo de verificar a resistência dos sistemas testados à cristalização de sais que podem penetrar no interior do suporte e mover-se, posteriormente, na forma de soluções aquosas que aí se formam.

**Capítulo III - Parte Experimental**

## **Capítulo III - Parte Experimental**

### **1 - Preparação de amostras**

#### **1.a - Preparação dos suportes pétreos**

As amostras utilizadas para os testes de envelhecimento acelerado neste trabalho foram preparadas a partir de pedras provenientes de material de demolição. Os blocos foram serrados com serra diamantada utilizando-se água como lubrificante. A preparação dos blocos de pedra foi efetuada tendo-se o cuidado de eliminarem-se as partes já degradadas, de modo a utilizar-se somente a parte interna do bloco, que apresentava ainda as características das pedras não envelhecidas. As dimensões das amostras são descritas no início da apresentação de cada teste de envelhecimento, mas em geral trabalhamos com amostras de 5x5x7 cm e placas de 5.0x5.0x0.5 cm.

#### **1.b - Aplicação das pinturas nos suportes pétreos**

A aplicação das pinturas sobre os suportes pétreos foi efetuada segundo as informações contidas nos manuais dos respectivos fabricantes. Para a maioria dos testes efetuados foi pintada somente uma face das amostras, com exceção daquelas utilizadas para os testes de imersão em soluções ácidas, para os quais as amostras foram pintadas em todas as faces. A tabela a seguir contém as informações referentes à pintura das amostras.

Pintura	Camada 1	Camada 2	Camada 3	Camada 4	Camada 5
Keim	pint/fix 2/1(p/v)	pint/fix 20/1(p/v)	----	----	----
Beecksche	fix/água 1/1(v/v)	fix/pó 3/2(p/p)	fix/pó 3/2(p/p)	----	----
Z.M. Verf	fix/água 1/1(v/v)	pint/fix 5/1(v/v)	pint/fix 5/1(v/v)	----	----
A.Z. Verf	pint/fix 1/1(p/p)	pint/fix 4/1(p/p)	----	----	----
Beckosil	fix s.d.	pint/fix 9/1(p/p)	----	----	----
Funcosil d	pint s.d.	pint s.d.	----	----	----
Wakopraverf	pint/w.s. 85/15(p/p)	pint s.d.	----	----	----
Herbol I	Herbolfix s.d.	Armierung- basis s.d.	Armierung- basis s.d.	Herbol- acryl s.d.	idem
Herbol II	"	Einschicht- farbe s.d.	Einschicht- farbe s.d.	"	"
Herbol III	"	Herboco- lor s.d.	Herboco- lor s.d.	----	----
Leviscryl mat	pint/água 9/1(p/p)	pint s.d.	----	----	----
Leviscryl	fix s.d.	pint/água 95/5(p/p)	pint s.d.	----	----
Funcosil la	pint s.d.	pint s.d.	----	----	----

Tabela (4) - Informações referentes à aplicação das tintas sobre os suportes pétreos: aplicação por camadas, com intervalo mínimo de 24h entre cada aplicação. pint=pintura; fix=fixativo; s.d.= sem diluição; w.s.= White-spirit, solvente derivado de petróleo.

## 2 - Teste de porosidade acessível à água<sup>94</sup>

Número de amostras de referência/pedra: 5;

Dimensões das amostras: (5x5x7) cm



Procedimento:

As amostras são inicialmente secadas em estufa a 105°C até apresentarem massa constante (variação de peso menor que 0.01% da massa total quando da pesagem com intervalos de 24h). As amostras são então colocadas num dessecador onde se faz vácuo com uma trompa de vácuo(água) durante 24 horas. Segue-se a este procedimento o preenchimento do dessecador com água de torneira até a imersão total das amostras. Tal procedimento deve ser efetuado mantendo-se o vácuo no dessecador. O sistema é então deixado em repouso durante 24h.

As amostras são então pesadas na água, obtendo-se o valor  $M_2$ , que é o peso hidrostático. As amostras são então secadas ligeiramente com um pano úmido e são posteriormente pesadas ao ar(peso  $M_g$ ).

A porosidade P é calculada segundo a relação:

$$\text{Porosidade P (\%)} = (M_g - M_1)/(M_g - M_2) \quad (8)$$

onde:  $M_1$  = Peso seco;

$M_2$  = Peso hidrostático;

$M_g$  = Peso ao ar com a amostra encharcada.

### 3 - Teste de absorção de água a baixa pressão(método do cachimbo)<sup>25</sup>

As amostras submetidas a este teste são aquelas submetidas à exposição ao medidor de intempérie. Este ensaio permite a verificação da quantidade de água absorvida a baixa pressão por uma superfície definida de um material poroso, durante um período determinado. A figura (2) a seguir apresenta o dispositivo(cachimbo) utilizado para a execução do teste. Trata-se de um tubo de vidro graduado, soldado em sua parte inferior a um cilindro. O cachimbo é colocado em contato com a superfície a ser testada, sendo aí fixada através de um mástique à sílica. A seção aberta de aplicação sobre o material é de 5,7 cm<sup>2</sup> e o tubo vertical é graduado de 0,0 a 4,0 ml. A altura de água total entre

a metade da seção de aplicação e a graduação correspondente a 0,0 ml é de 9,8 cm e equivale a uma pressão de 961,38 Pa. Este valor é idêntico à pressão dinâmica exercida por um vento a 39,6 m/s ou 142,6 km/h. O valor da menor medida é de 0,1 ml. O tubo é preenchido com água deionizada e efetuam-se leituras do volume de água absorvida, respectivamente, depois de 5, 10 e 15 minutos da aplicação.

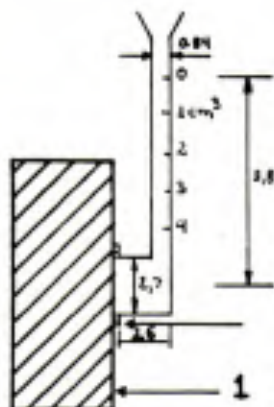


Fig. (2) - Dispositivo de medição de absorção de água à baixa pressão (método do cachimbo). 1 = suporte pétreo. Medidas em cm.

#### 4 - Teste de tempo de secagem<sup>36</sup>

O teste de tempo de secagem permite a verificação do efeito, sobre a velocidade de secagem do material, da aplicação superficial da camada de pintura.

dimensões das amostras: 5,0 x 5,0 x 7,0 cm

número de amostras/pedra/pintura: 5;

número de amostras de referência/pedra: 5;

Condições de U.R.: 40%

Condições de temperatura: 20°C.

#### Procedimento

As amostras são colocadas em um recipiente com água deionizada e

imersas completamente durante 24 horas. Em seguida as amostras são retiradas do reservatório e envolvidas com papel alumínio em cinco faces, deixando exposta somente a face pintada. As amostras são então pesadas e acondicionadas em uma câmara com controle de umidade relativa e temperatura ( $T = 20^{\circ}\text{C}$ , U.R. = 40%) e pesadas novamente com intervalos de uma hora, durante um período total de 7 horas. O valor referente à área da amostra não protegida pela folha de alumínio é previamente calculado através das medidas de comprimento e largura da face exposta. Os resultados são expressos em forma de gráfico, contendo no eixo das abscissas a coordenada de tempo (em horas) e no eixo das ordenadas valores de água evaporada (em  $\text{g}/\text{m}^2$ ).

## **5 - Procedimentos relativos aos testes de envelhecimento acelerado**

### **5.a - Exposição a vapores ácidos**

O teste de exposição a vapores ácidos foi efetuado segundo a norma DIN 50018 (maio de 1978).

Dimensão das amostras: 5.0 x 5.0 x 0.5 cm;

Número de amostras/pedra/pintura: 3;

Número de amostras de referência/pedra: 3;

#### **Procedimento:**

As amostras são colocadas verticalmente no interior de uma câmara de 300  $\text{dm}^3$  (KSE 300, Braive Instruments, Liège, Belgica), um ao lado do outro, a uma distância de aproximadamente 1.5 cm. Preenche-se a parte inferior da câmara com 2.0 l de água deionizada e fecha-se a porta da câmara. Uma vez fechada a câmara adicionam-se 2.0l de dióxido de enxofre, através de uma válvula ligada à uma bombona deste gás. A temperatura no interior da câmara é regulada para  $40.0^{\circ}\text{C}$  sendo que o sistema assim permanece por 8 horas. Após este período a porta da câmara é aberta, o controle de temperatura é desligado e aguarda-se um período de 16 horas.

A tabela (5), a seguir, apresenta as condições do teste de

exposição aos vapores ácidos.

Ciclo	Temperatura(°C)	U. R. (%)
1º período: 8 horas, inclusive aquecimento.....	40 <sup>±</sup> 3.....	100
2º período: 16 horas, resfriamento com a porta aberta.....	18-25	max 75

Tempo total do ciclo: 24h

Quantidade de água na câmara(primeiro período): 0,67%(v/v);

Quantidade de dióxido de enxofre na câmara, no início do ciclo:  
0,67 %(v/v);

Tabela (5) - Condições do teste de exposição a vapores ácidos(cf.  
Norma DIN 50018, de maio de 1978).

Após o ciclo de 24 horas as amostras são retiradas cuidadosamente da câmara e permanecem então em uma estufa a 60°C durante um período de 24 horas, afim de se eliminar a umidade residual. as amostras são em seguida retiradas da estufa, e, após um período de uma hora de resfriamento, são pesadas numa balança analítica.

As amostras submetidas a este teste foram pesadas segundo o procedimento acima citado depois de 1, 2, 3, 5, 10 e 20 ciclos.

#### 5.b - Teste de exposição à neblina ácida

Dimensão das amostras: 5.0 x 5.0 x 0.5 cm;

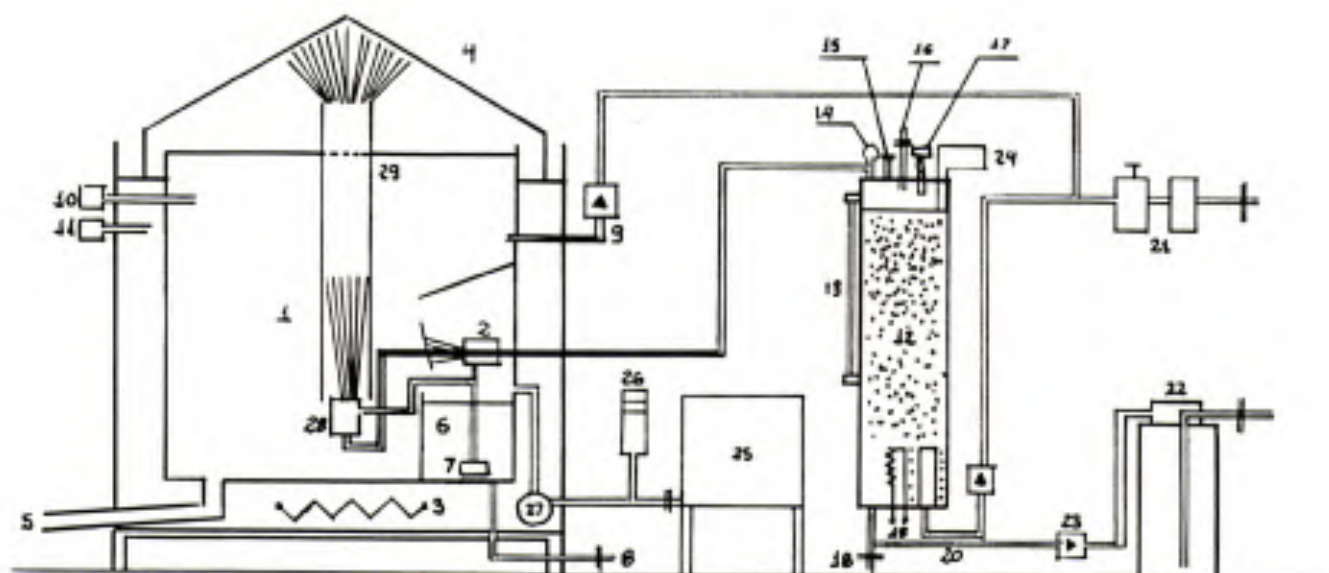
Número de amostras/pedra/pintura: 3;

Número de amostras de referência/pedra: 3;

#### Procedimento:

A câmara de teste de exposição à neblina ácida é uma câmara de 400 dm<sup>3</sup> em poliéster armado de fibras de vidro, a qual é normalmente destinada para ensaios de resistência à neblina salina(Chambre

d'essais 1120, Appareil d'essais au brouillard salin, Braive Instruments, Liège, Belgica). A descrição da câmara é dada na figura (3) abaixo.



1: Câmara de ensaios a neblina ácida; 2: Pulverizador com defletor; 3: dispositivo de aquecimento na parede dupla; 4: tampa e junta hidráulica; 5: evacuação da neblina e condensados; 6: reservatório da solução ácida; 7: filtro da solução ácida; 8: escoamento da solução ácida; 9: ventilação da câmara; 10: regulador de temperatura na câmara; 11: regulador de temperatura na parede dupla; 12: saturador de ar termostatisado; 13: indicador de nível de água no saturador; 14: manómetro de pressão do ar; 15: válvula de segurança; 16: orifício para preenchimento com água destilada; 17: regulador de temperatura do saturador; 18: evacuação do saturador; 19: resistência; 20: dispersor de ar; 21: regulador, filtro e torneira de ar comprimido.

Figura (3) - Representação esquemática da câmara de exposição à neblina ácida.



O procedimento de colocação de amostras na câmara citada é o mesmo seguido para o teste de exposição aos vapores ácidos.

No interior do reservatório 6 (Fig. 3) é preparada uma solução de ácido sulfúrico em água à partir de uma solução 3.6N de ácido sulfúrico, ou seja, adicionam-se 30 l de água ao reservatório e, logo após, adicionam-se 200 ml da solução 3.6N de ácido sulfúrico. A solução contida no reservatório 6 é renovada no início de cada ciclo. Após a colocação das amostras e posterior preparação da solução ácida a câmara é fechada e adiciona-se água à junção hidráulica, afim de se impedir perda de neblina da câmara. A câmara é então acionada para ser iniciado o ciclo, que apresentará as condições descritas abaixo.

Temperatura da câmara durante o ciclo: 35°C;

Temperatura do saturador: 46°C;

Pressão do saturador: 0.8 bar

pH da neblina condensada: 2.0

Duração total do ciclo: 100 horas.

Após o final do ciclo a câmara é aberta e as amostras são colocadas numa estufa a 60°C durante um período de 24 horas. Após este período as amostras são resfriadas à temperatura ambiente durante 1 hora e pesadas numa balança analítica.

As amostras submetidas a este teste foram submetidas à uma exposição total de 800 horas, completando, portanto, 8 ciclos.

### 5.c -Imersão em soluções ácidas

Dimensão das amostras: 5.0 x 7.0 x 5 cm;

Número de amostras/pedra/pintura: 1;

Número de amostras de referência/pedra: 1;

pH das soluções: 2, 3 e 4;

As amostras são inicialmente secadas, pesadas e são colocadas, uma ao lado da outra, contra a parede de um cristalisador de 3 l,

sempre com a mesma face voltada para o centro do cristalisador. O cristalisador é então preenchido com água à qual é adicionada uma solução de ácido sulfúrico 0,36 N, afim de se ajustar o valor do pH para 2, 3 ou 4. Tal montagem é então colocada sobre o agitador magnético.

A duração de imersão das amostras nas soluções é medida, sendo que o pH é controlado periodicamente com um pHmetro a eletrodo de vidro(Dow Corning). Para as soluções a pH 2, quando o valor deste ficava acima de 2,25, efetuava-se uma troca da solução tendo em vista a elevada concentração de íons sulfato em solução, que poderia provocar uma diminuição da solubilidade (2 g/l) do sulfato de cálcio formado, pelo efeito do íon comum.

Relativamente às soluções a pH 3 e 4 o controle também foi efetuado com o pHmetro. Entretanto as soluções eram trocadas num intervalo máximo de duas horas, sendo que durante este período o pH era ajustado para o valor desejado, com a utilização de uma solução de ácido sulfúrico 0,36 N.

Para cada valor de pH, o período de imersão entre cada controle de perda de peso compreendeu uma jornada de trabalho( 8 horas ). Depois de cada período de imersão as amostras eram lavadas com água de torneira e secadas a 60°C durante um período mínimo de 15h. Em seguida as amostras são resfriadas durante 1 hora e pesadas na balança analítica. Inicia-se, então, um novo ciclo de imersão.

As imersões a pH 2, pH 3 e pH 4 totalizaram um período de 6 horas/ pH, sendo que os resultados estão expressos em termos de perda de peso por metro quadrado( $g/m^2$ ) em função do número de horas de imersão.



#### 5.d - Exposição ao medidor de intempérie(Weather-O-meter)

Dimensão das amostras: 5.0 x 5.0 x 7.0 cm, com uma face pintada;  
de 0 a 42 ciclos:

Número de amostras/pedra/pintura: 2;

Número de amostras de referência/pedra: 2;

de 42 a 210 ciclos:

Número de amostras/pedra/pintura: 1;

Número de amostras de referência/pedra: 1.

A exposição ao medidor de intempérie compreende as condições seguintes:

Duração de cada ciclo: 4 horas;

- exposição à luz de vapor de mercúrio: todo o ciclo: 4h;
- exposição à aspersão de água: 0 - 2h;
- exposição à radiação infra-vermelha: 0 - 2h;
- temperatura na câmara: 20°C: 0 - 2h;  
40°C: 2 - 4h
- distância das amostras relativamente à fonte de luz ultra-violeta: 45 cm;

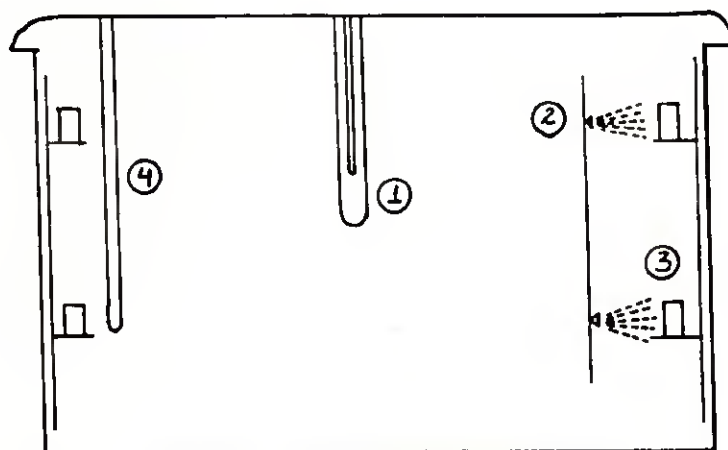


Fig. (4) - Câmara de testes Weather-O-Meter. 1 - lâmpada de mercúrio; 2 - aspersores de água; 3 - amostras; 4 - fonte de radiação infra-vermelha.

- Período entre cada controle: 42 ciclos
- Duração total da exposição: 210 ciclos
- Controle do estado das amostras: controle visual e controle por absorção de água a baixa pressão(método do cachimbo).

#### 5.e - Teste de cristalização de sais solúveis<sup>97</sup>

Dimensão das amostras: 5.0 x 5.0 x 7.0 cm, com uma face pintada;

Número de amostras/pedra/pintura: 1;

Número de amostras de referência/pedra: 1;

Condições de Umidade Relativa: 55 - 60 %;

Temperatura: 18 - 21°C.

A aplicação de pinturas sobre os suportes modifica as características de superfície destes. O objetivo deste teste é a verificação da ação da cristalização de sais solúveis sobre os suportes pintados. Verifica-se, portanto, se as pinturas serão ou não afetadas pela cristalização de sais. Verifica-se ainda em qual medida os suportes serão protegidos pela aplicação da pintura sobre sua superfície.

#### Procedimento

As amostras são imersas em uma solução salina saturada de sulfato de sódio. A face pintada não é imersa e resta exposta ao ambiente externo. É através desta superfície que o solvente aquoso da solução salina que penetra na pedra por capilaridade deverá evaporar(Fig. (5)).

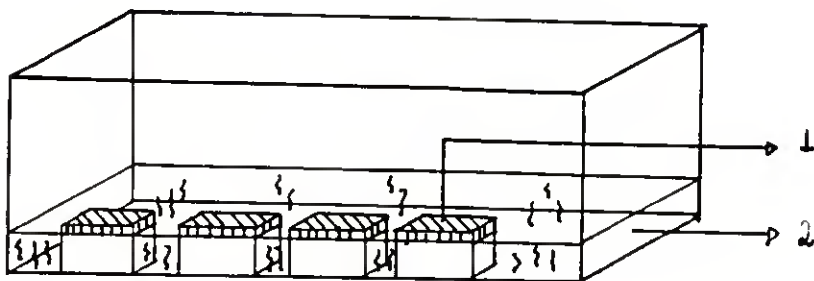


Fig. (5) - Imersão das amostras para o teste de cristalização de sais solúveis. 1 = amostra com a face pintada; 2 = solução salina.

Através deste teste verifica-se se os sais vão se formar sob ou sobre a camada de pintura e se ocorrerão fenômenos de degradação na pintura ou na pedra, ou mesmo em ambos, após certo período de imersão.

As amostras foram submetidas a este teste durante um período de 13 dias, sendo que, de vez em quando era necessário adicionar mais solução salina ao sistema, devido ao abaixamento do nível desta.

## **Capítulo IV - Resultados e Discussões**

## Capítulo IV - Resultados e Discussões

### 1 - Introdução

A apresentação dos resultados obtidos para os testes efetuados neste trabalho torna-se uma tarefa relativamente difícil, se pretendemos apresentá-los em uma seqüência que permita a sua compreensão, de um ponto de vista geral, e ao mesmo tempo particular. Tal problema é devido ao fato de que praticamente todos os resultados são inter-dependentes, e para que sejam discutidos deveríamos inicialmente ter uma visão geral dos mesmos. Desta maneira optamos pela sua apresentação por partes, relativas aos testes efetuados, juntamente com algumas considerações de ordem prática/teóricas. Ao final da apresentação dos resultados de cada teste é apresentada uma discussão mais específica.

Os resultados estão expostos na forma de gráficos somente para as pinturas Keim, Beecksche, Funcosil d, Wakopraverf, Herbol I (notada como Herbol) devido ao fato de que o software que utilizamos só permite a apresentação de seis curvas por gráfico. Além disto, o tratamento preliminar dos dados antes da elaboração final desta dissertação foi efetuado, tendo sido feitos gráficos para todas as pinturas, permitindo-nos, portanto, a seleção daquelas mais importantes para terem seus resultados apresentados em gráficos. Entretanto, todos os dados estão disponíveis nos apêndices desta dissertação.

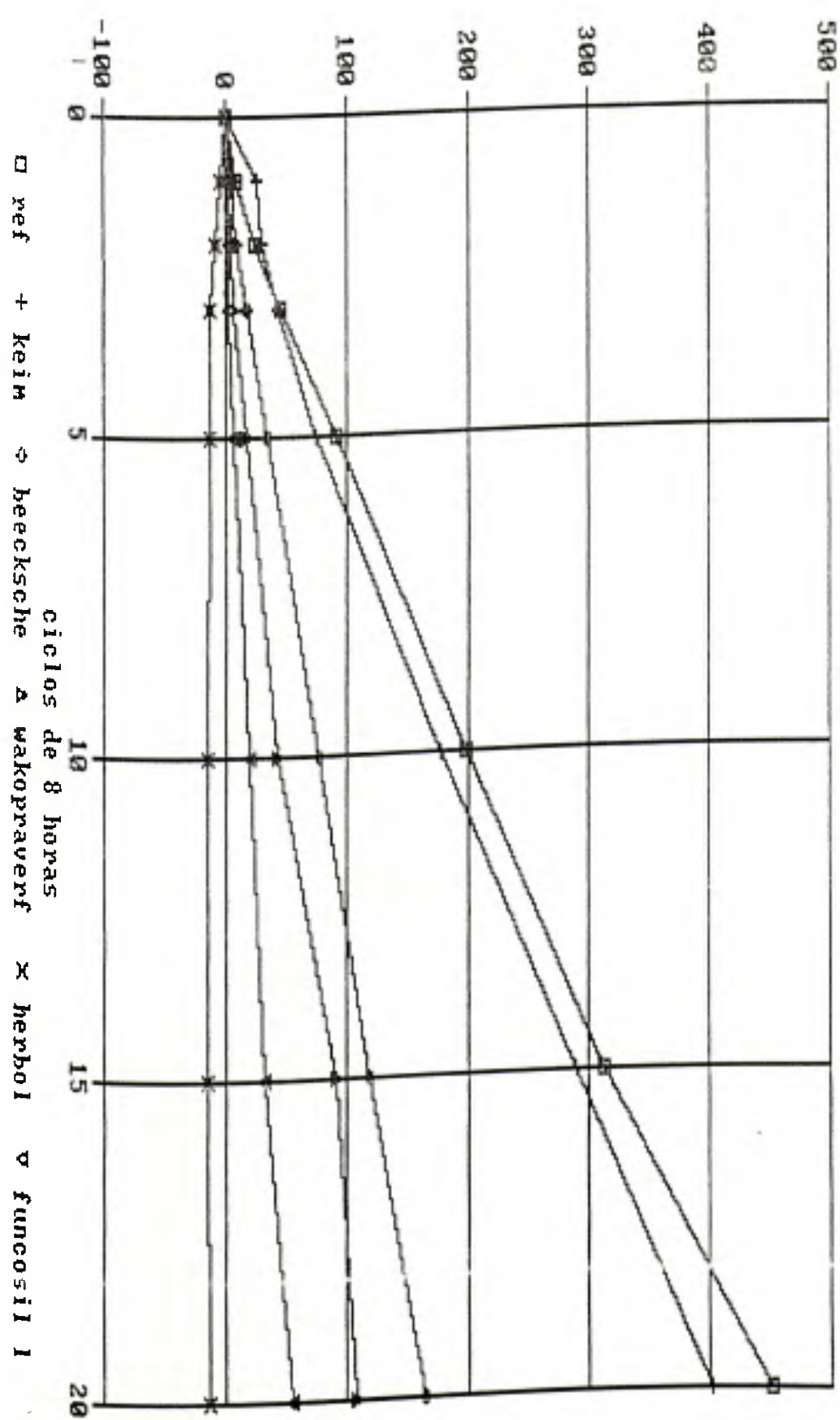
### 2 - Exposição aos vapores ácidos

#### 2.a - Pedra Tuffeau

##### 2.a.1. Gráficos e tabelas

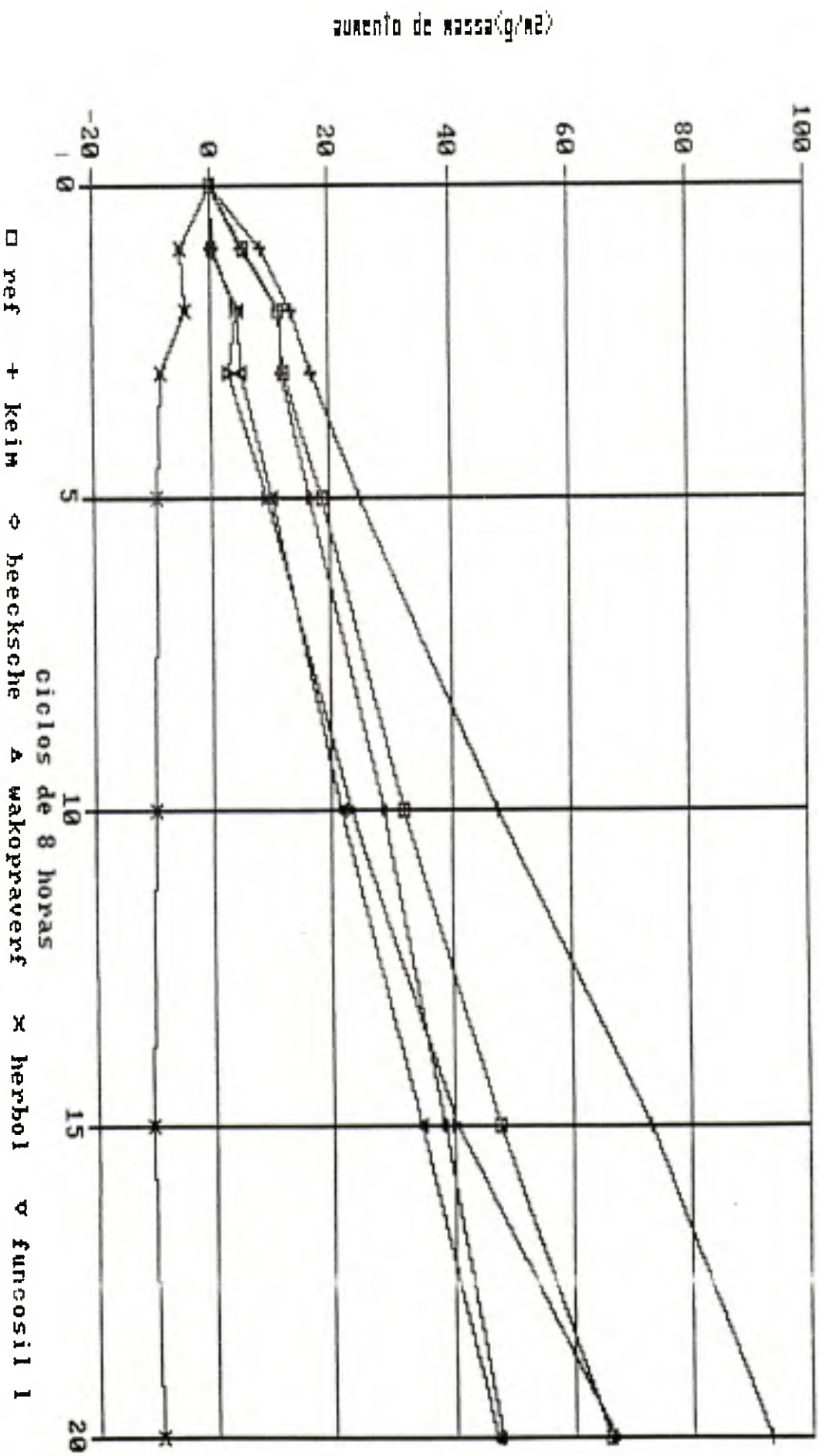
- . Gráficos 01 e 04 (pag. 43 e 46)
- . Tabelas 1 - apêndice I, (pag. I.1 I.5)

aumento de massa (g/m<sup>2</sup>)



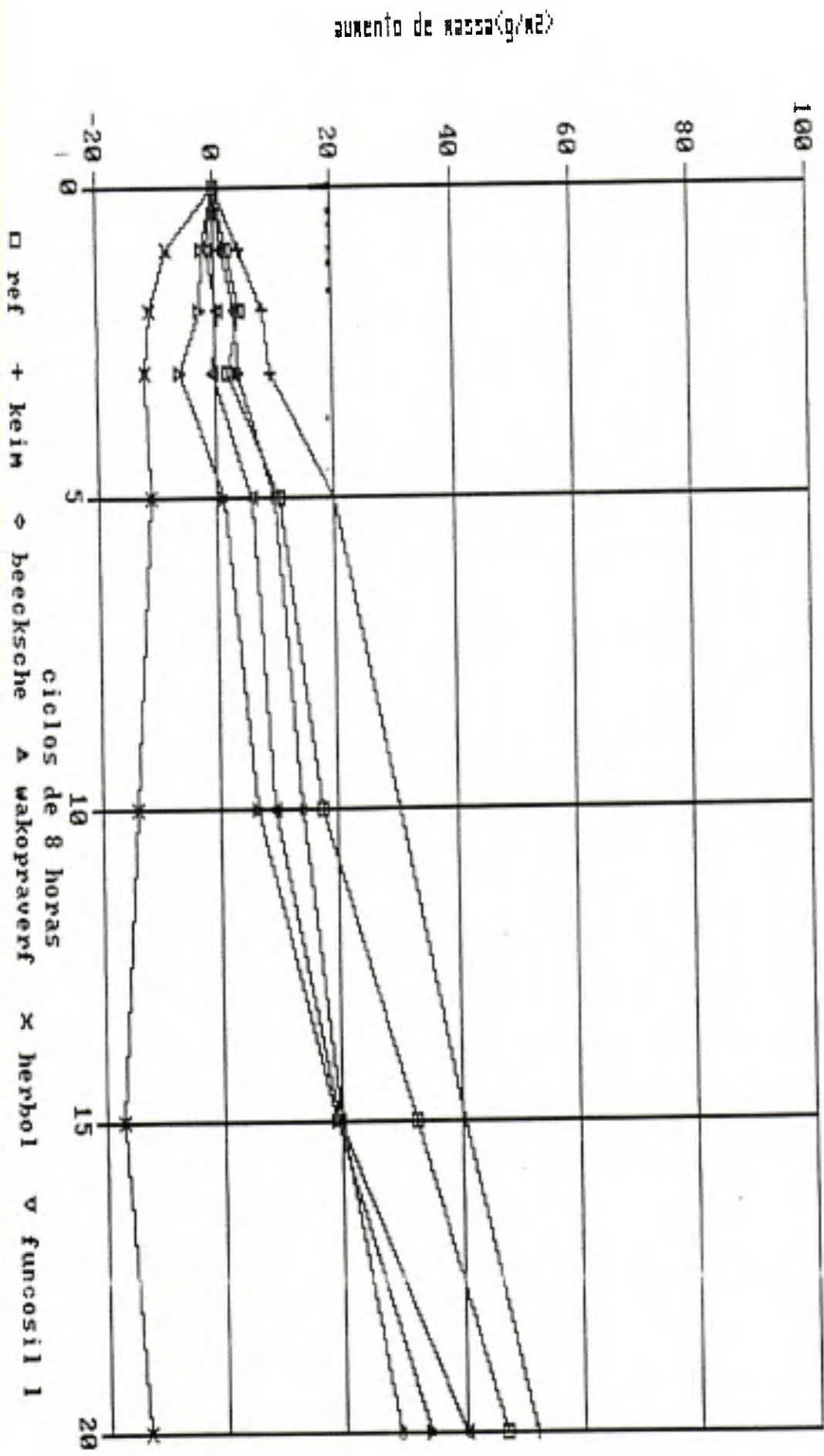
Vapores ácidos  
Gráfico 01 - Pedra Tufoeau

Vapores ácidos  
Gráfico O2 - Pedra Euville





Vapores ácidos  
Gráfico 83 - Pedra Balegem



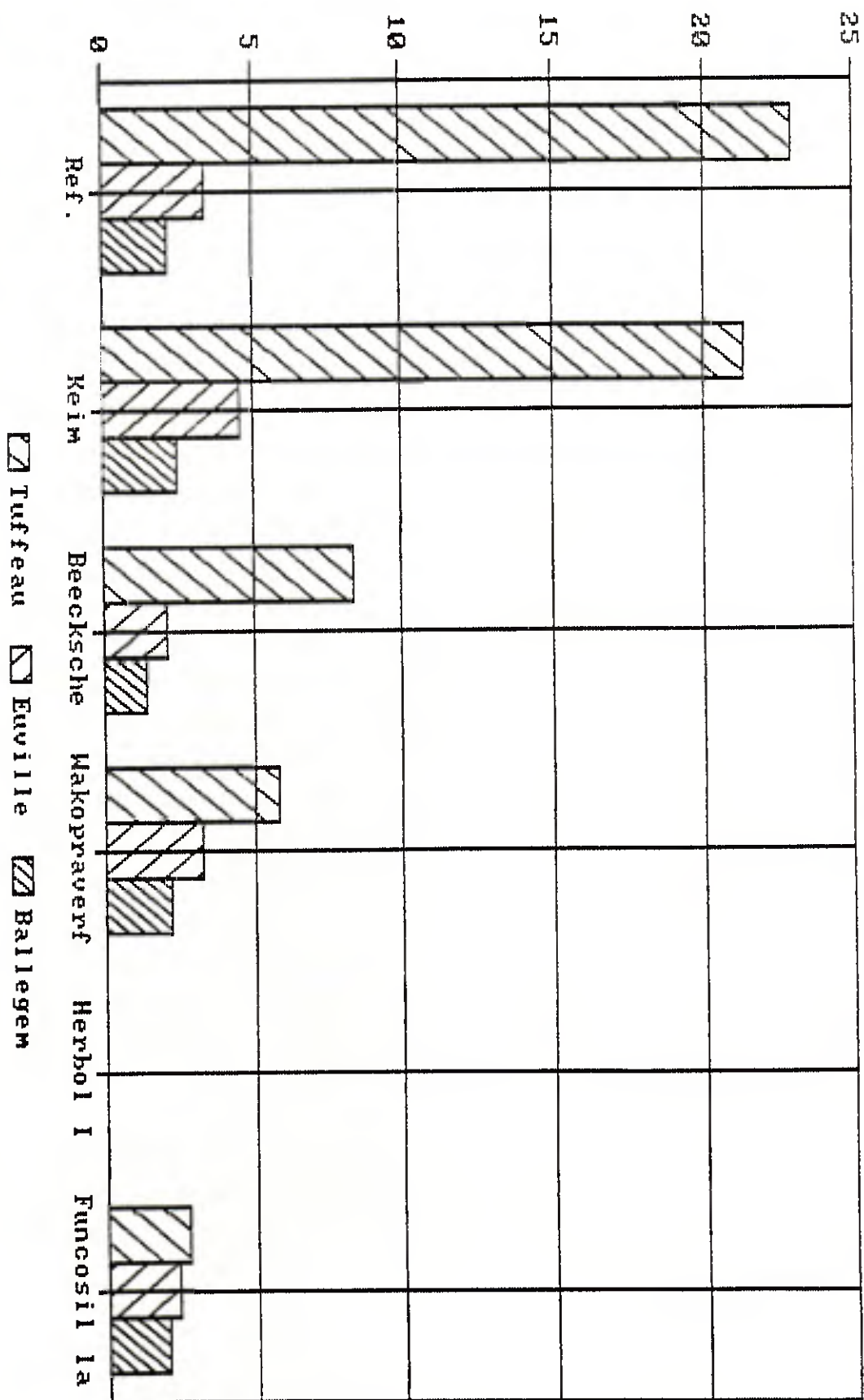
aumento de massa(g/m<sup>2</sup>)

□ ref + keim → beecksche ▲ wakopraverf × herbol ▼ fancosil 1

ciclos de 8 horas

coeficiente angular (g/m<sup>2</sup>.ciclo)

Gráfico 04 - Vapores ácidos - Velocidade de sulfatação



## 2. a. 2. Discussão

Os resultados obtidos para o teste de exposição aos vapores ácidos permitem verificar que, no caso das pedras Tuffeau, a proteção contra a sulfatação é bastante pronunciada quando da utilização de pinturas acrílica e a sílica. As pinturas a silicato agem de uma maneira diferente, proporcionando menor proteção contra a sulfatação do suporte. A pintura Keim (graf. 04), por exemplo, mostra uma velocidade de sulfatação praticamente igual àquela mostrada pela pedra não tratada. Salvo para a pintura Wakopraverf, os outros sistemas de pintura acrílica apresentam um certo aumento de massa somente após alguns ciclos de exposição aos vapores ácidos. A pintura Herbol I, que contém cinco camadas sucessivas de pintura acrílica e que não contém nenhum material inorgânico passível de sulfatação, apresenta uma velocidade de sulfatação praticamente nula mesmo após vinte ciclos de exposição.

A observação microscópica das amostras testadas não permitiu a verificação da presença de cristais de sulfato de cálcio em todas as amostras testadas. Nas pinturas a silicato foram observadas partículas superficiais que não estão presentes nas amostras não expostas aos vapores ácidos, o que nos permite supor que tais partículas sejam de sulfato de cálcio. Nas pinturas Wakopraverf e Herbol III o mesmo fenômeno é observado. A observação microscópica das amostras tratadas com a pintura Herbol II permite verificar a presença de cristais que se formaram na camada intermediária, a qual contém carbonato de cálcio como carga. A sulfatação do carbonato de cálcio contido nesta camada provocou o desenvolvimento de pequenos concheamentos na pintura, que são visíveis ao microscópio binocular.

Estes primeiros resultados nos permitem notar que a permeabilidade ao vapor de água da camada de proteção exerce uma influência sobre a velocidade de sulfatação do suporte.

## 2.b - Pedra Euville

### 2.b.1. Gráficos e tabelas

- . Gráficos 02 e 04 (pag. 44 e 46)
- . Tabela 2 - Apêndice I (pag. I.6 a I.10)

### 2.b.2. Discussão

Para a pedra Euville, as observações referentes à proteção do suporte contra a sulfatação são as mesmas já efetuadas para a pedra Tuffeau, ou seja, as pinturas acrílicas formam uma forte barreira contra a penetração dos vapores ácidos até o suporte pétreo. O gráfico (4) apresenta as velocidades de sulfatação dos sistemas testados, e podemos constatar basicamente o mesmo comportamento relativamente à pedra Tuffeau. O que varia, neste caso, é a escala observada, uma vez que o aumento de massa/ciclo para a pedra Euville é de cerca de 15% do valor apresentado pela Tuffeau. Podemos também observar que a porosidade da pedra influi na velocidade que esta é sulfatada. Discutiremos mais acerca deste ponto após a apresentação dos resultados para a pedra Balegem.

Para os sistemas acrílicos e a sílica (salvo a pintura Wakopraverf) a velocidade de sulfatação não sofre uma mudança considerável, quando comparada aos resultados obtidos para as amostras de Tuffeau tratadas com as mesmas pinturas. Tal fato é uma boa indicação para a verificação de que este tipo de revestimento deve limitar a superfície de contato dos vapores ácidos com a superfície de pintura, anulando portanto a contribuição relativa ao suporte.

Devemos ainda observar que a pintura Wakopraverf apresenta, para a pedra Euville, uma velocidade de sulfatação comparável àquela da pedra não tratada. Ainda, as pinturas Keim Funcosil d e Z. M. Verf apresentam velocidade de sulfatação maior que aquela apresentada pela amostra de pedra não tratada. As discussões sobre este ponto serão efetuadas após a apresentação dos dados relativos à pedra Balegem.

## 2.c - Pedra Balegem

### 2.c.1. Gráficos e tabelas

- . Gráficos 03 e 04 (pag. 45 e 46)
- . Tabela 3 - Apêndice I (pag. I.11 a I.15)

### 2.c.2. Discussão

Os gráficos (3) e (4) permitem verificar mais uma vez que as pinturas acrílicas impedem a sulfatação do suporte de uma forma bem mais pronunciada que as pinturas a silicato. As primeiras somente começam a mostrar um aumento de massa a partir do décimo ciclo (exceto a pintura Wakopraverf). O fenômeno de sulfatação para esta pedra ocorre principalmente na superfície da pedra, certamente devido à pequena porosidade desta. A exposição das amostras de pedra Balegem aos vapores ácidos foi a única que permitiu a verificação da formação de cristais de sulfato de cálcio na superfície da pedra, mesmo tendo este suporte mostrado a menor velocidade de sulfatação, relativamente aos outros dois suportes testados.

## 2.d - Discussão geral dos efeitos de exposição aos vapores ácidos

### 2.d.1 - Gráfico

- . Gráfico 04, pag. 46

A tabela (2) (pag. 21) apresenta os valores de porosidade acessível à água dos três suportes testados, e a tabela (5) abaixo apresenta os valores de densidade aparente para estes suportes, calculados a partir dos dados obtidos para o teste de porosidade acessível à



água\*.

Pedra	Densidade aparente (kg/m <sup>3</sup> )
Tuffeau	1349
Euville	2211
Balegem	2410

Tabela (6) - Densidade aparente dos suportes testados

A comparação destes dados e os resultados obtidos pela exposição das amostras aos vapores ácidos permite o levantamento de proposições importantes para a interpretação dos resultados.

O gráfico (4) apresenta uma comparação entre os valores de velocidade de sulfatação para os suportes não tratados e aqueles tratados com diferentes pinturas. Estes dados permitem verificar que existe uma relação entre a densidade aparente da pedra e a velocidade de sulfatação correspondentes. Os suportes que apresentam maior porosidade apresentam necessariamente maior superfície de contato para que haja a reação de neutralização entre o ácido sulfúrico e o carbonato de cálcio. Desta maneira, a pedra Tuffeau reage bem mais rápido que a Euville, que por sua vez deve reagir bem mais rápido que a pedra Balegem. A velocidade de sulfatação está certamente ligada à capacidade de penetração dos vapores ácidos, o que confirma os resultados obtidos para as pinturas a silicato sobre diferentes suportes. Para cada pintura a silicato sobre um suporte diferente, a relação com as velocidades

---

\* - Calculados à partir dos valores de  $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$ , obtidos para o teste de porosidade acessível à água (descrito à página 31):

$$\text{Densidade Aparente} = (M_1 / (M_3 - M_2)) \times 1000$$

onde:

$M_1$  = Peso da amostra seca;

$M_2$  = Peso Hidrostático;

$M_3$  = Peso ao ar com a amostra encharcada.

de sulfatação dos suportes não tratados é sempre a mesma. Ou seja, o que importa, neste caso, são as características intrínsecas do suporte, e não aquelas das pinturas testadas. Tal fato é observado, devemos ressaltar, para as pinturas que são permeáveis aos vapores ácidos. Pelo contrário, quando verificamos o comportamento das pinturas acrílicas podemos efetuar as seguintes observações: a pintura Herbol I, que não contém pigmentos passíveis de reagir com o ácido sulfúrico, apresenta velocidade de sulfatação praticamente nula, sendo esta característica devido ao tipo de revestimento. Por um lado, a pintura Herbol I é aplicada em cinco camadas sobre o suporte, e, tal barreira acrílica deve impedir a passagem dos vapores ácidos até o suporte pétreo, sendo que não há sulfatação de componentes da própria pintura devido à ausência de componentes passíveis de reagir com o ácido sulfúrico. Este fenômeno é descrito na literatura<sup>38</sup> e podemos verificar que, no caso da pintura Herbol II, que contém carbonato de cálcio na camada intermediária (Einschichtfarbe), ocorre a formação de cristais que provocam a posterior ocorrência de concheamentos na pintura.

É certamente este fator que permite explicar porque existem algumas pinturas que apresentam mais aumento de massa que os suportes não tratados, como no caso das pedras Euville e Balegem. Tal fato não se verifica no caso da pedra Tuffeau, pois a sulfatação do suporte mascara o aumento de massa devido aos componentes das pinturas. No caso das pedras Euville e Balegem o fenômeno é bem mais evidente. O aumento de massa do suporte não tratado, não sendo tão pronunciado, permite verificar a contribuição do aumento de massa das amostras devido à sulfatação dos componentes das pinturas.

Com exceção dos concheamentos observados para a pintura Herbol II, não se observou degradação apresentada pelas amostras devido à exposição aos vapores ácidos. O método de controle do estado de conservação das amostras deveria envolver análises de partes destas por microscopia eletrônica de varredura<sup>39,40</sup>, para ser verificada a formação ou não de cristais de sulfato de cálcio e sua localização relativamente à camada de pintura, se abaixo ou



acima desta.

### 3 - Exposição à neblina ácida

#### 3.a - Pedra Tuffeau

##### 3.a.1. Gráficos e tabelas

- . Gráficos 05 e 08 (pag. 53 e 56)
- . Tabelas 5 - Apêndice II (pag. II.19 a II.23)

#### 3.b - Pedra Euville

##### 3.b.1. Gráficos e tabelas

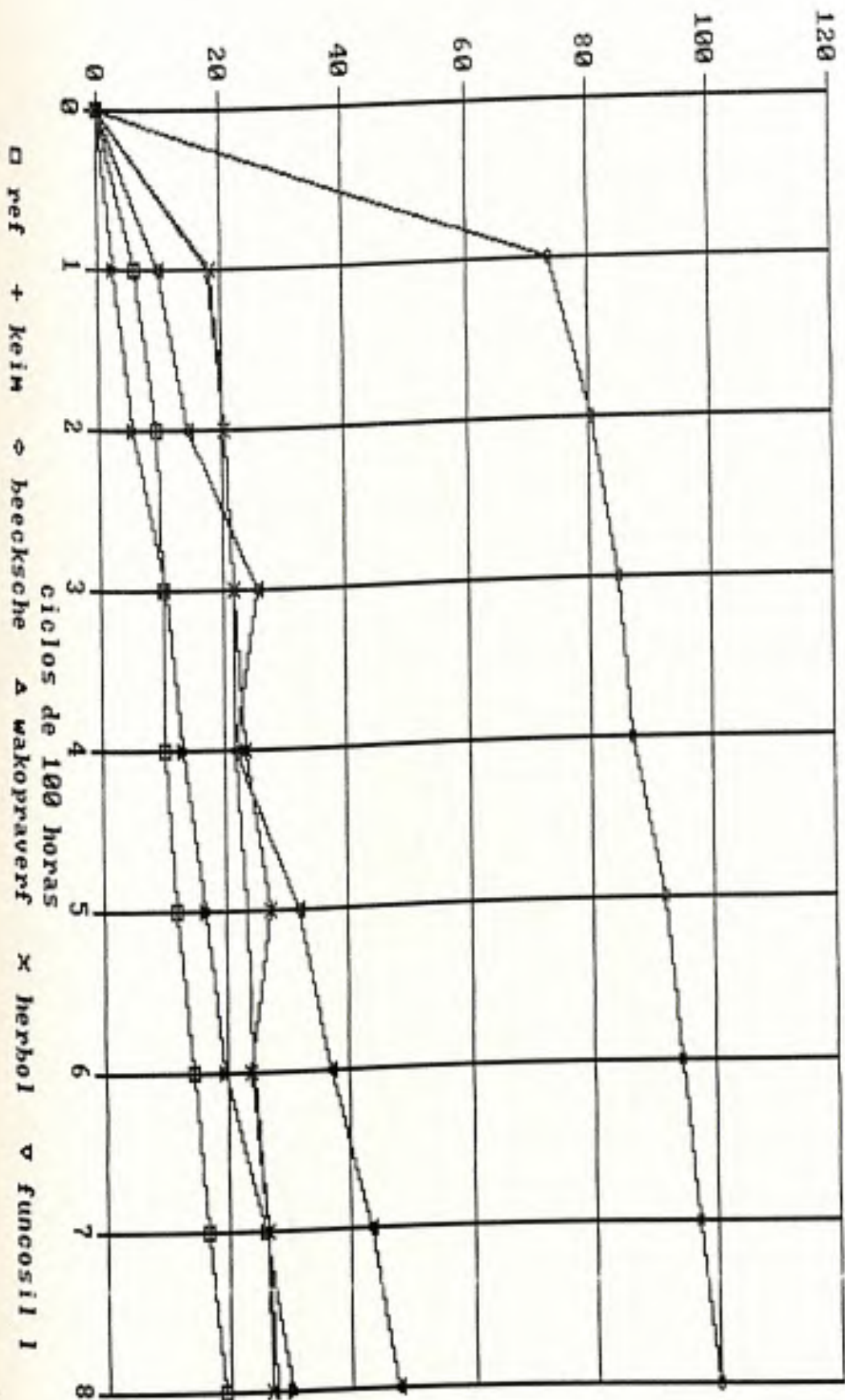
- . Gráficos 06 e 08 (pag. 54 e 56)
- . Tabela 6 - Apêndice II (pag. II.24 a II.28)

#### 3.c - Pedra Balegem

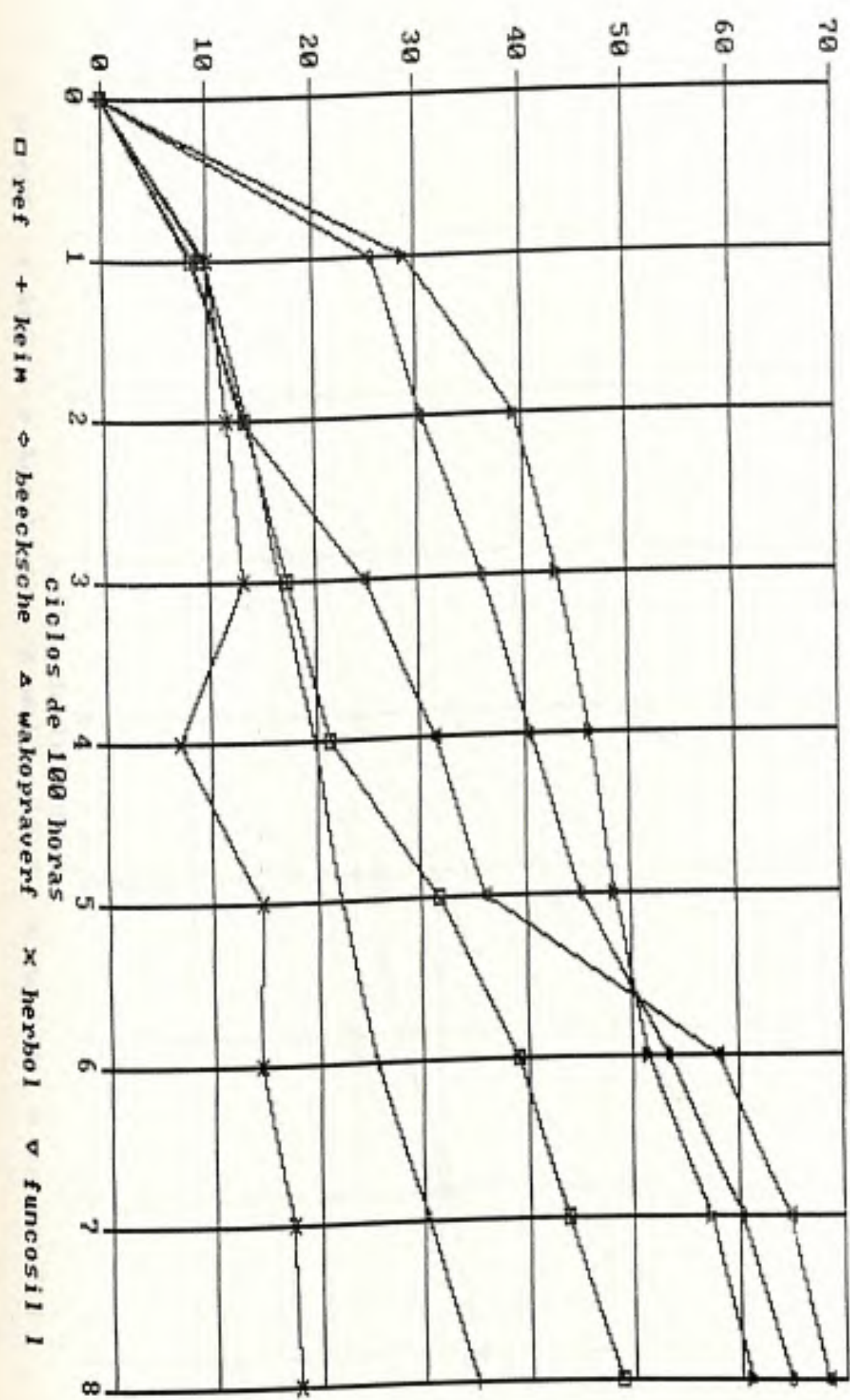
##### 3.c.1. Gráficos e tabelas

- . Gráficos 07 e 08 (pag. 55 e 56)
- . Tabela 7 - Apêndice II (pag. II.29 a II.33)

perda de massa (g/m<sup>2</sup>)

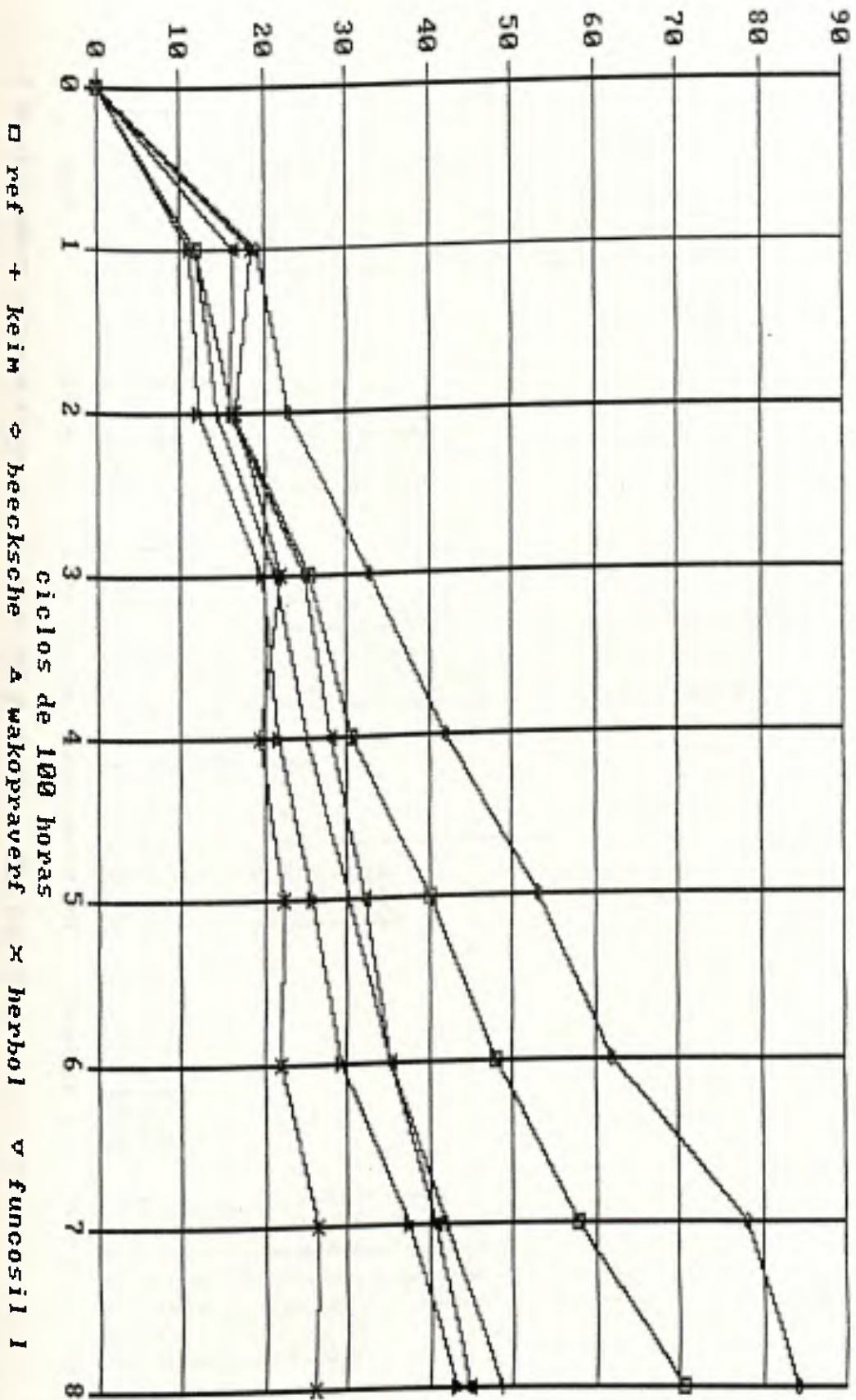


perda de massa(g/m<sup>2</sup>)



Neblina ácida  
Gráfico 06 - Pedra Euville

perda de massa (g/A2)



Meblina ácida  
Gráfico 07 - Pedra Balegem



coeficiente angular (g/m<sup>2</sup>.ciclo)

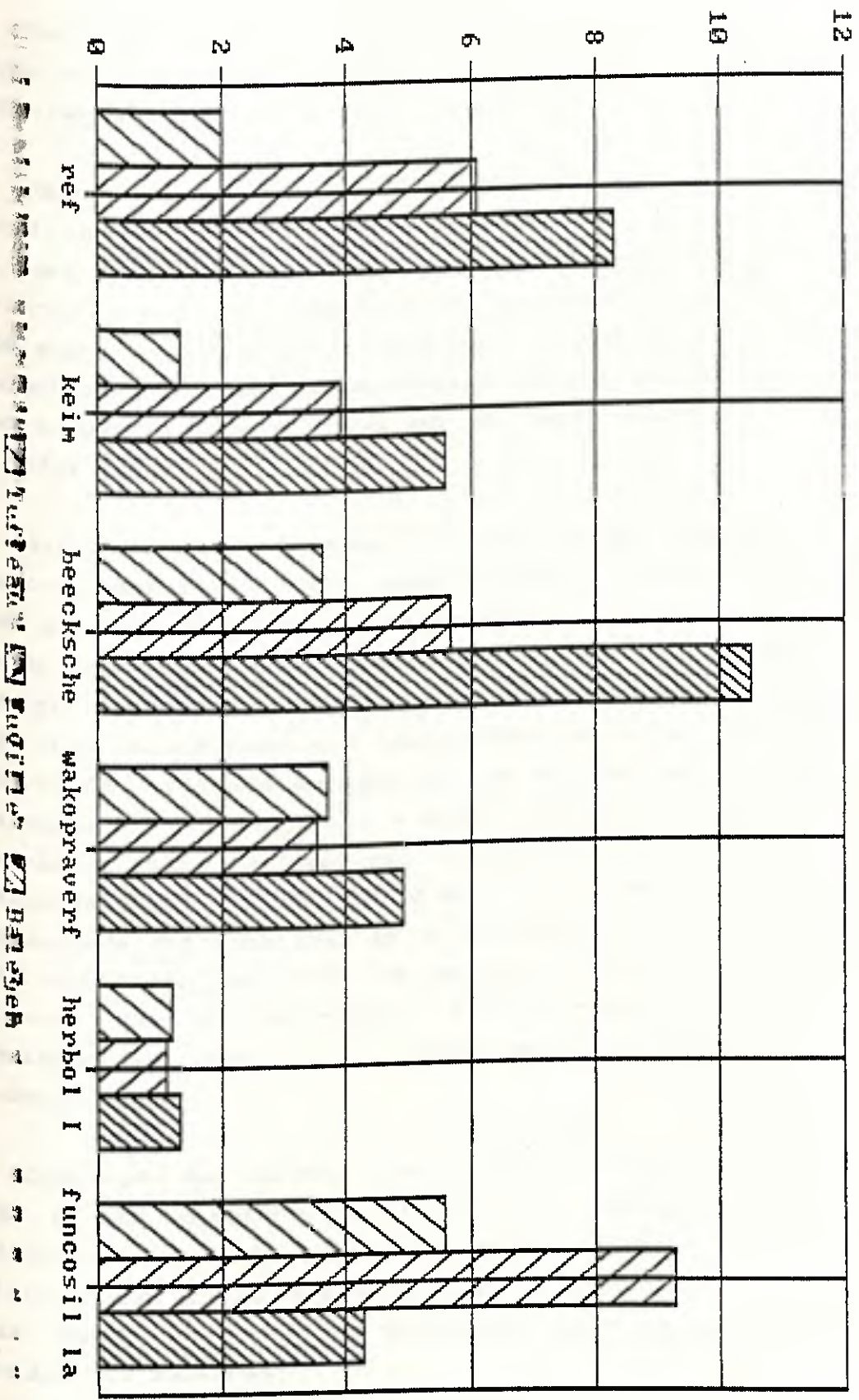


Gráfico 08 - Nebina ácida - Veloc. de perda de massa

#### d - Discussão geral dos efeitos de exposição à neblina ácida

A exposição à neblina ácida permite a obtenção de informações importantes no que se refere à formação de sulfato de cálcio e às propriedades estruturais dos três suportes testados.

O gráfico (8) mostra a velocidade de perda de massa para as amostras dos suportes tratados com os diferentes sistemas de pintura, comparados aos suportes não tratados. Os resultados são, à priori, inesperados, uma vez que se observa ser a perda de massa dos suportes testados inversamente proporcional à sua respectiva porosidade. A pedra Balegem (mais densa) perde mais massa que a pedra Euville, que por sua vez apresenta maior perda de massa que a pedra Tuffeau.

O cálculo dos coeficientes de correlação angular foi efetuado, para as pedras pintadas, após o primeiro ciclo, devido ao fato de que a perda de massa correspondente a este ciclo está ligada à perda de diversos componentes da pintura como adjuvantes, emulsificantes, e outros componentes solúveis em água. O que se verifica relativamente à velocidade de perda de massa é que as pedras não tratadas apresentam uma relação de velocidade de perda de massa que é, em geral, a mesma apresentada para as amostras de pedras tratadas com pinturas. Acrescente-se a isso o fato de que a velocidade de perda de massa é inversamente proporcional à porosidade dos suportes. As únicas pinturas que apresentam valores de velocidade de perda de massa que parecem não depender do suporte são a Wakopraverf e a Herbol I, que são bastante resistentes, como já foi observado na exposição aos vapores ácidos.

A observação das amostras ao microscópio e mesmo a olho nu mostra que, no que se refere à resistência ao ambiente com neblina ácida, as pinturas a silicato se mostraram bem menos resistentes que as pinturas acrílicas e a silicona. As pinturas a silicato possuem uma tendência a uma perda de coesão, tornando-se pulverulentas nas bordas das amostras.



A relação de proporção observada entre a velocidade de perda de massa das amostras não tratadas e a porosidade da pedra possibilitam a elaboração da seguinte hipótese: a porosidade relativamente elevada da pedra Tuffeau facilita a penetração da solução ácida no interior da pedra, provocando aí a formação de sulfato de cálcio. Tal fato não deve ocorrer em extensão tão apreciável nas pedras Euville e principalmente na pedra Balegem, a menos porosa. A formação de sulfato de cálcio ocorre tanto no interior quanto no exterior da pedra, predominando portanto a formação deste no interior ou no exterior em função da porosidade da pedra. O sulfato de cálcio formado no exterior da pedra é lavado pela solução ácida nebulizada na câmara. Esta formação de sulfato de cálcio no exterior e sua posterior lavagem explica a perda de massa do material. O sulfato de cálcio formado no interior da pedra, entretanto, não é lavado e aí permanece, contribuindo, portanto, para um aumento de massa da amostra. Chegamos, portanto, a uma situação de formação de sulfato de cálcio no exterior versus formação de sulfato de cálcio no interior da pedra, que é determinada em sua extensão pela porosidade do material. A verificação da hipótese apresentada foi efetuada através da dosagem de sulfatos nas amostras de referência. A dosagem de sulfatos foi efetuada após oito ciclos, através de cromatografia de íons. Os resultados são apresentados na tabela (7) abaixo, em porcentagem de massa.

Pedra	Massa(g)	porcentagem de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (p/p)
Tuffeau	15,131	0,549
Euville	28,713	0,037
Balegem	25,199	0,035

Tabela (7) - porcentagem(p/p) de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  presente nas amostras de referência submetidas à exposição à neblina ácida

Os resultados obtidos permitem concluir pela veracidade da hipótese formulada, ou seja, a formação de sulfato de cálcio se passa mais em profundidade para uma pedra mais porosa que para uma pedra menos porosa. Este é, portanto, o fator que influencia o comportamento das amostras quando da exposição à neblina ácida. A pedra Tuffeau apresenta a menor velocidade de perda de massa

devido ao aumento de massa que ocorre pela formação de sulfato de cálcio em seu interior, causada pela penetração capilar da solução ácida. A pedra Balegem, que é a menos porosa e que possui capilares mais estreitos, está sujeita praticamente à formação superficial de sulfato de cálcio, o qual é posteriormente lixiviado. A quantidade de água que penetra, por capilaridade, em um material poroso<sup>42</sup>, é proporcional ao diâmetro dos capilares, segundo a relação seguinte:

$$m = A \times t^{0,5} \quad (9)$$

onde:

$m$  = massa de água que penetra na superfície por capilaridade( $\text{g}/\text{m}^2$ )

$A$  = coeficiente de absorção de água( $\text{g}/\text{m}^2 \times t^{0,5}$ )

$t$  = tempo(s)

O coeficiente  $A$  é definido por:

$$A = (\sigma \times r / 2\eta)^{0,5} \quad (10)$$

onde:

$\sigma$  = tensão superficial do líquido( $\text{N}/\text{m}$ );

$r$  = diâmetro dos capilares( $\text{m}$ );

$\eta$  = viscosidade dinâmica do líquido( $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}$ ).

As relações (9) e (10) acima permitem verificar a influência do diâmetro dos poros na quantidade de líquido que penetra num material poroso, vindo portanto a corroborar nossa hipótese já apresentada.

#### 4 - Imersão em soluções de diferentes pH

##### 4.a - Pedra Tuffeau

###### 4.a.1. Gráficos e tabelas

- Gráficos 09, 10, 11, 12 e 21 (pag. 61 a 64 e 73)
- Tabelas 9, 10 e 11 - Apêndice III (pag. III.36 a III.41)

##### 4.b - Pedra Euville

###### 4.b.1. Gráficos e tabelas

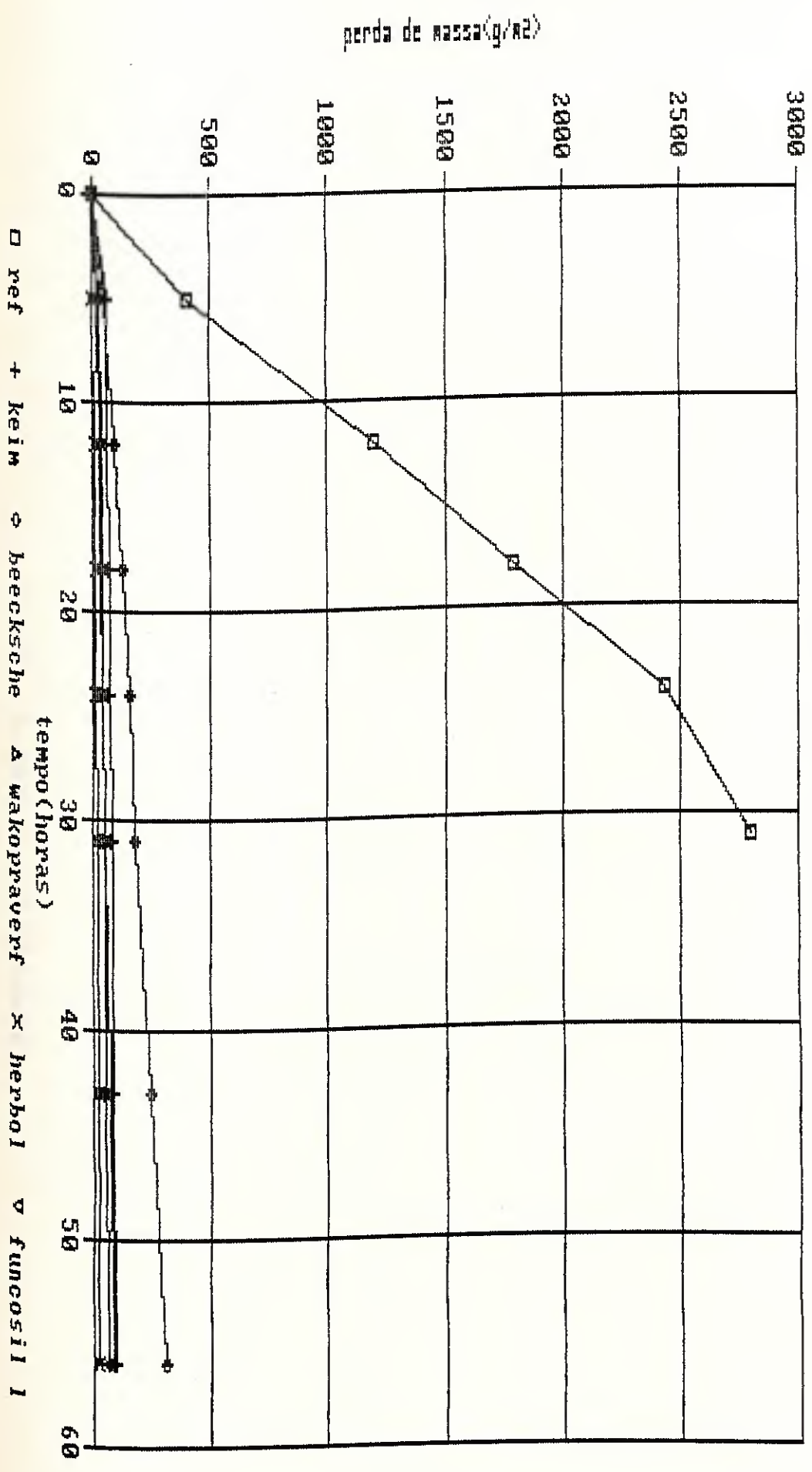
- Gráficos 13, 14, 15, 16 e 21 (pag. 65 a 68 e 73)
- Tabelas 15, 16 e 17 - Apêndice III (pag. III.49 a III.55)

##### 4.c - Pedra Balegem

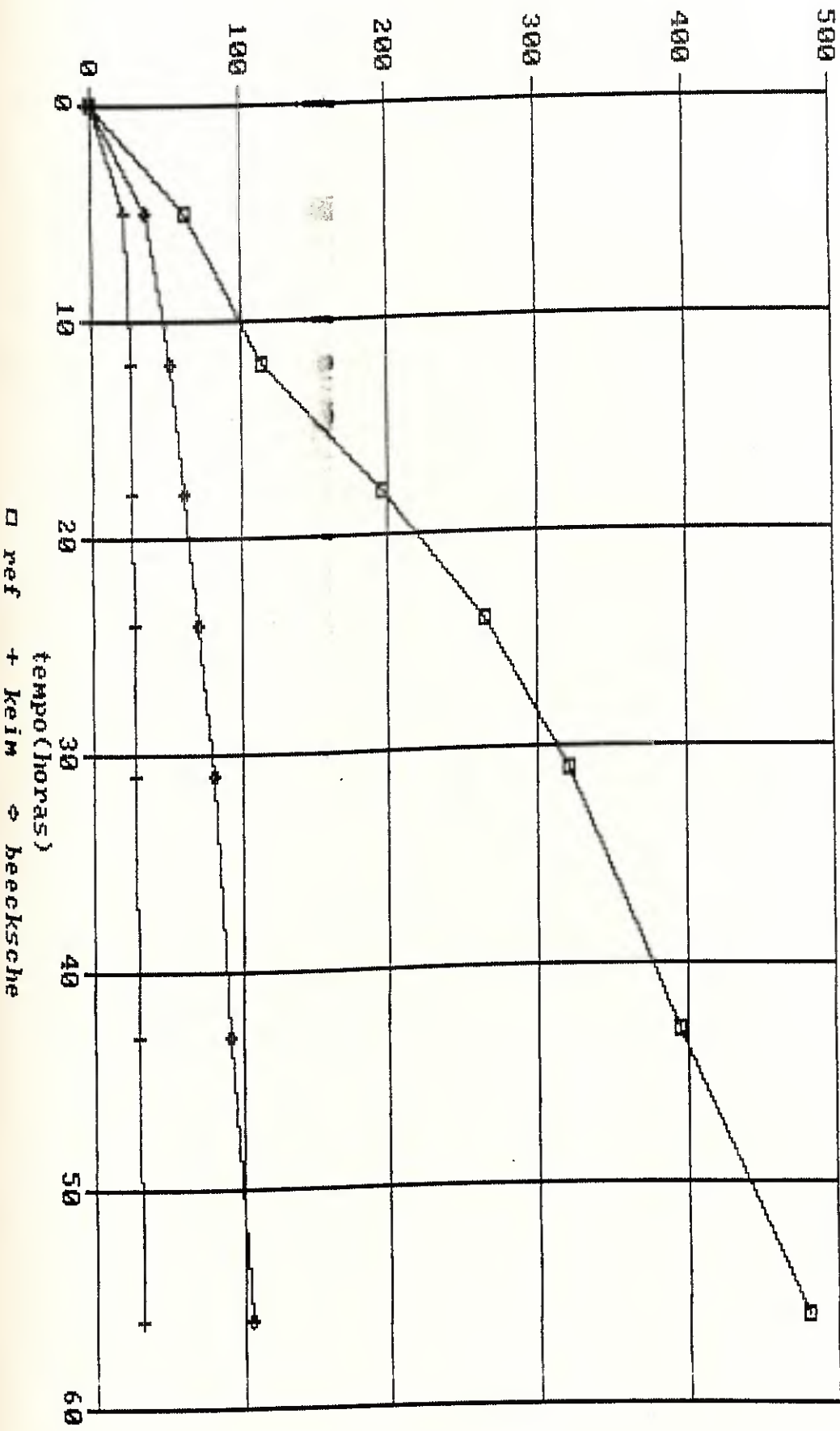
###### 4.c.1. Gráficos e tabelas

- Gráficos 17, 18, 19, 20 e 21 (pag. 69 a 72 e 73)
- Tabelas 12, 13 e 14 - Apêndice III (pag. III.42 a III.48)

Imersão - pH 2  
 Grafico 09 - Pedra Tufreanu

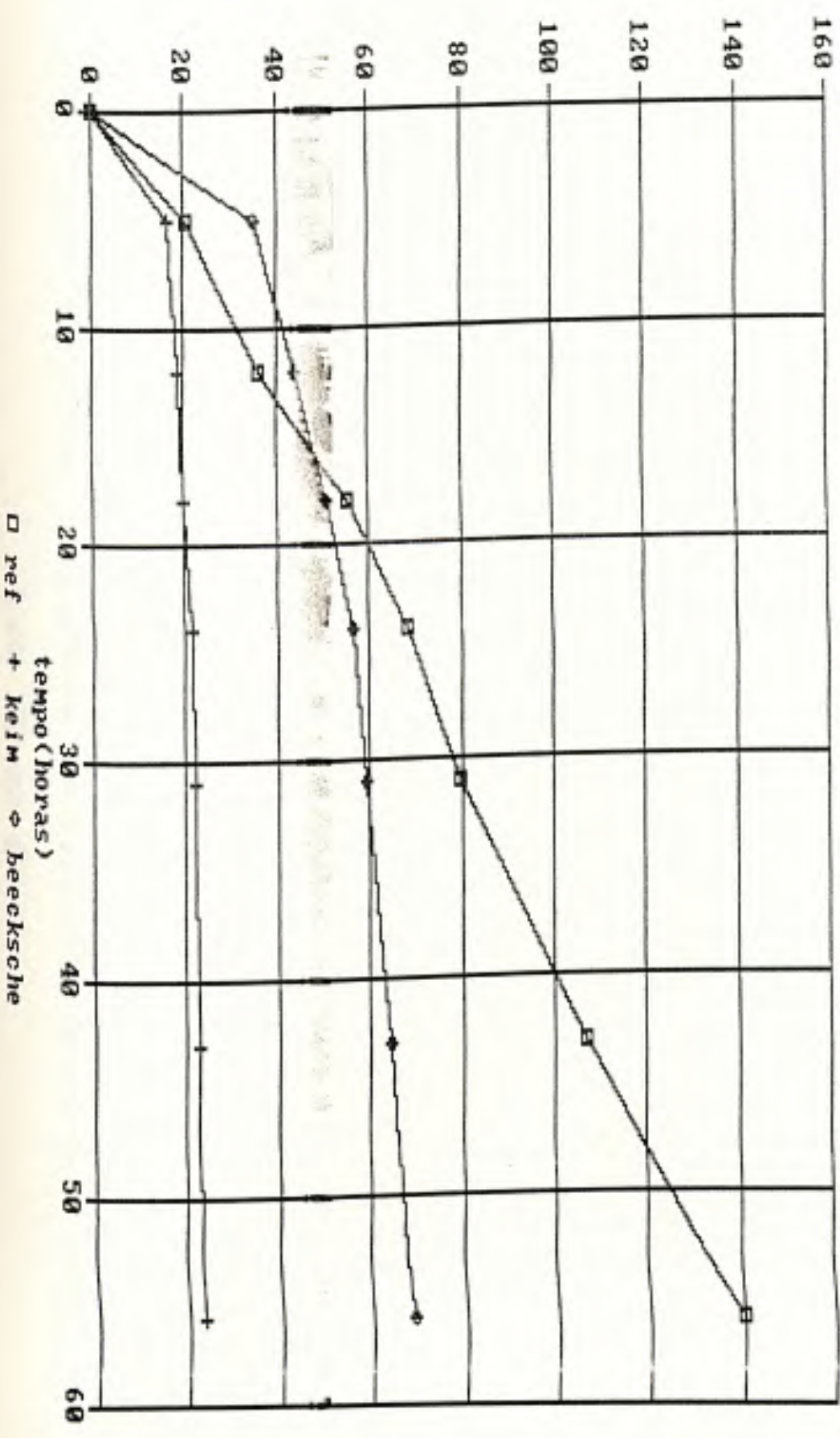


perda de massa (g/m<sup>2</sup>)



Imersão - pH 3  
Gráfico 10 - Pedra Tufoeau

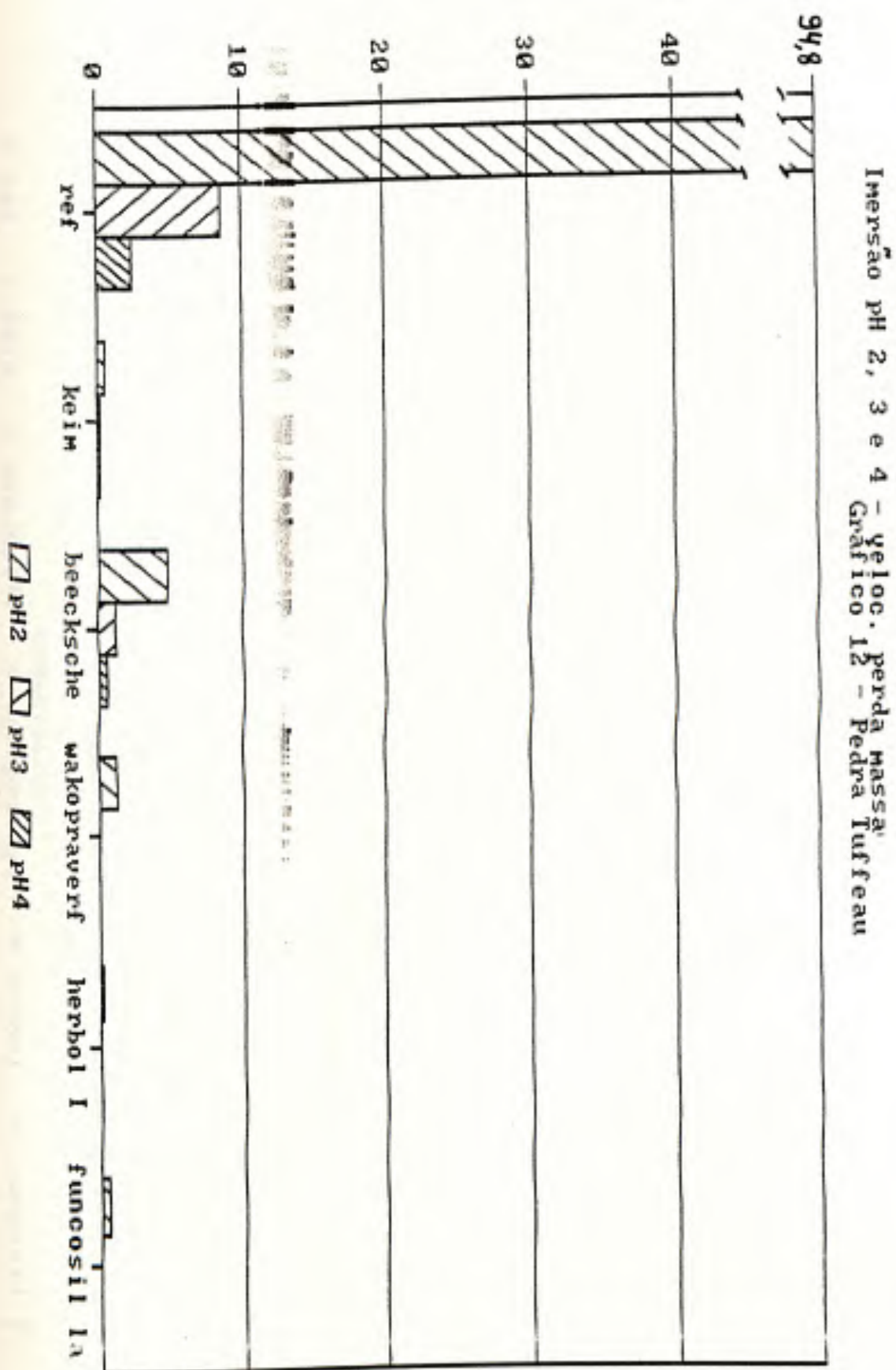
perda de massa (g/m<sup>2</sup>)



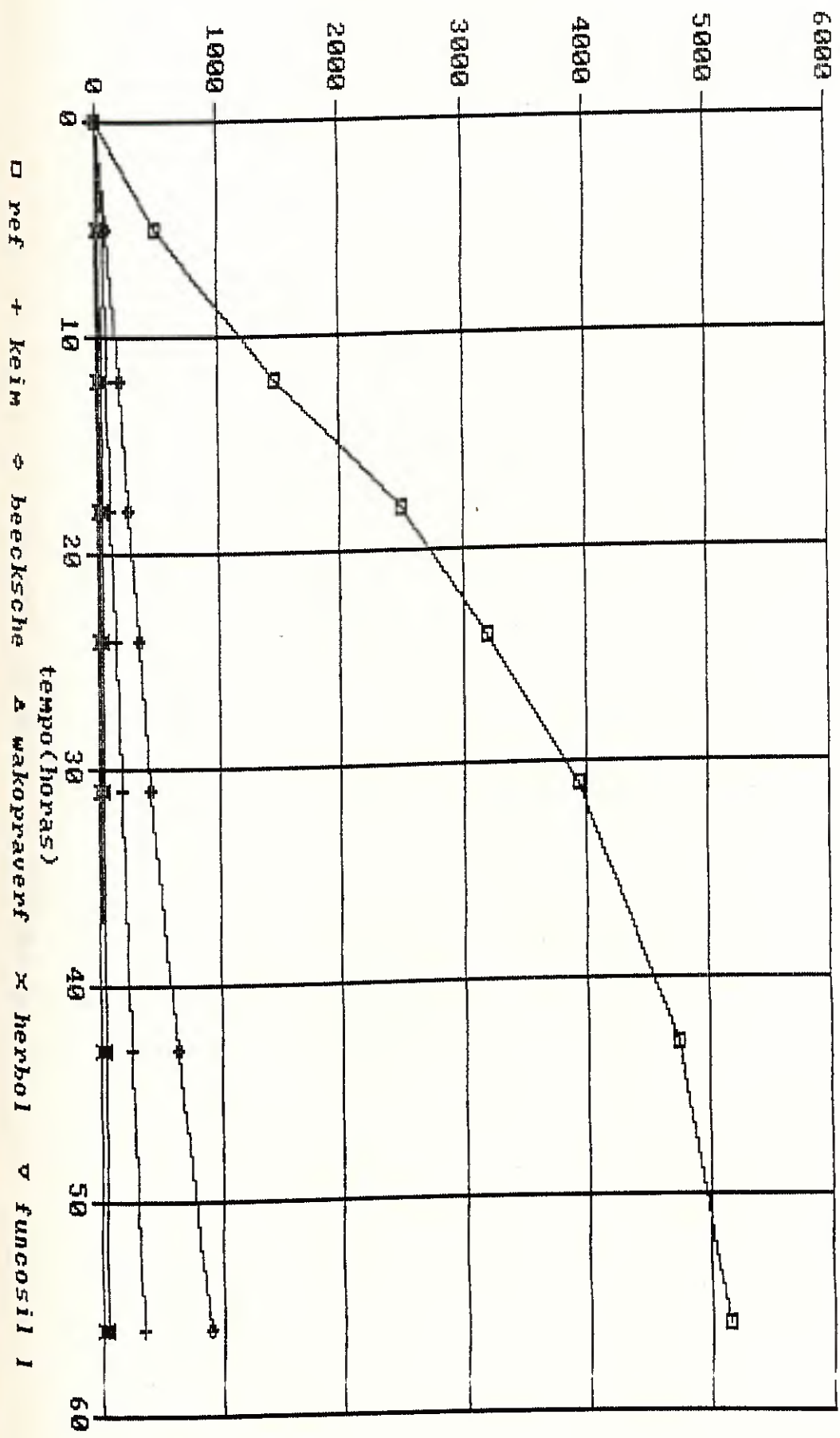
Imersão - pH 4  
Gráfico 11 - Pedra Tuffeau



veloc. perda de massa(g/m<sup>2</sup>.h)

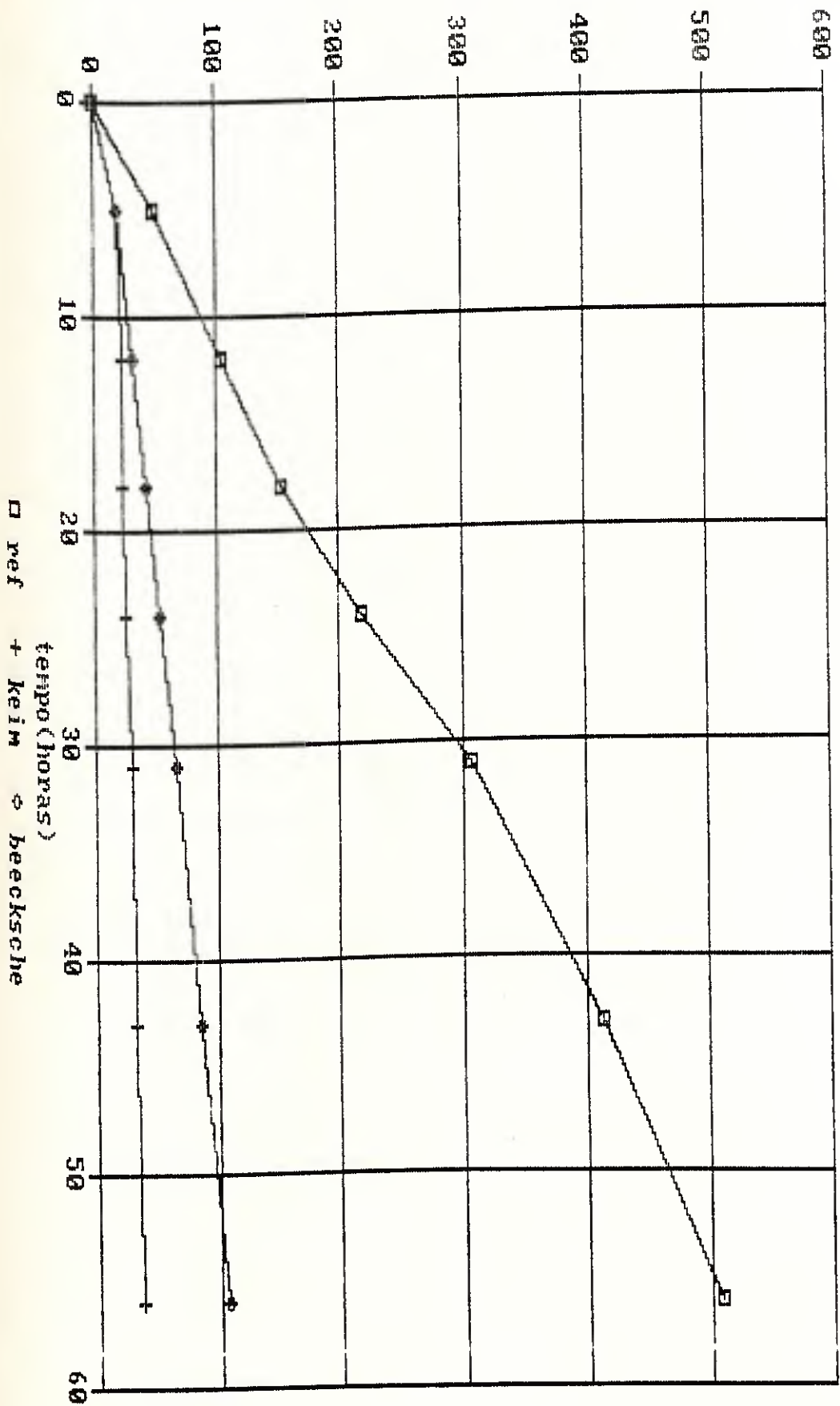


perda de massa (g/m<sup>2</sup>)



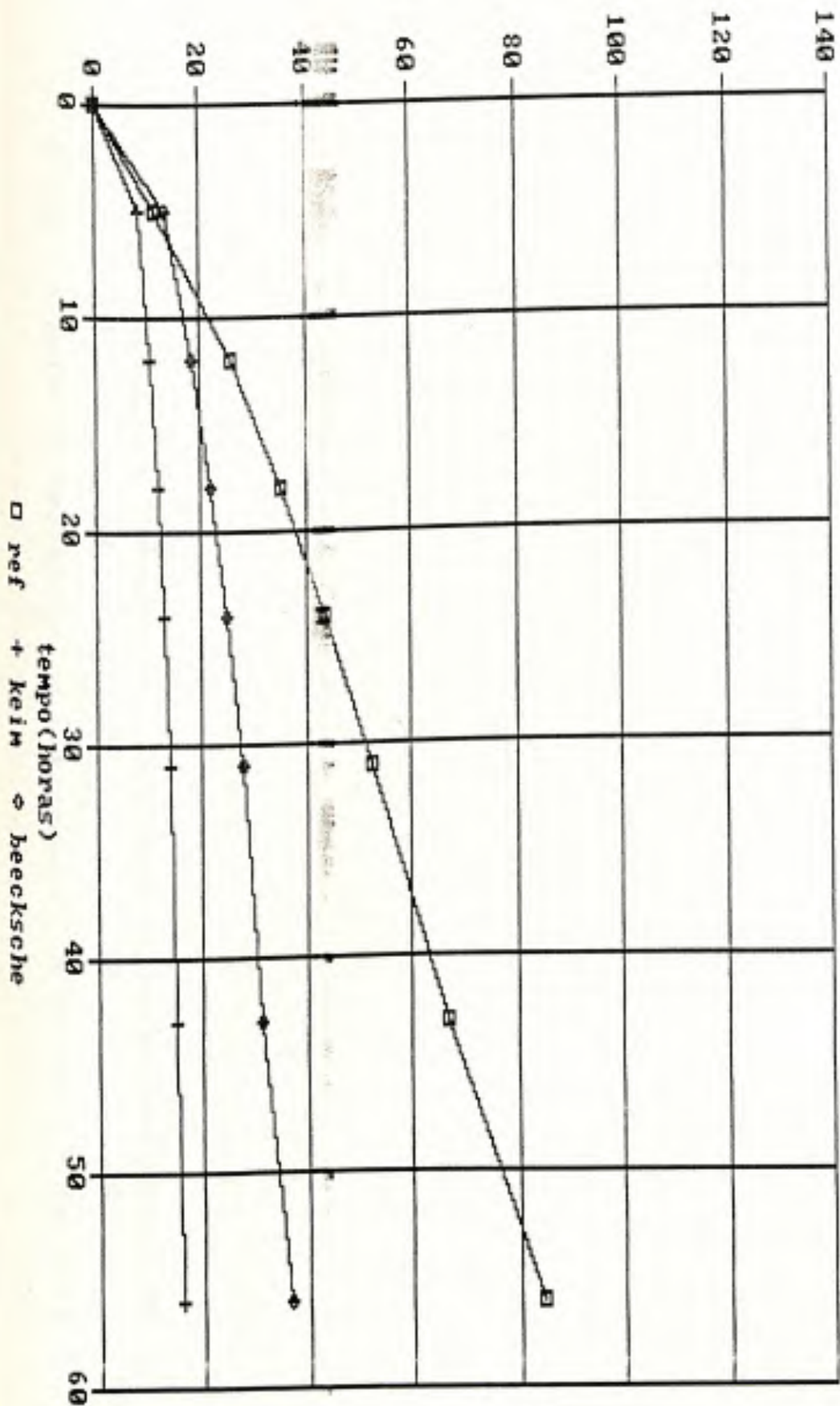
Imersão - pH 2  
Gráfico 13 - Pedra Euville

perda de massa (g/m<sup>2</sup>)

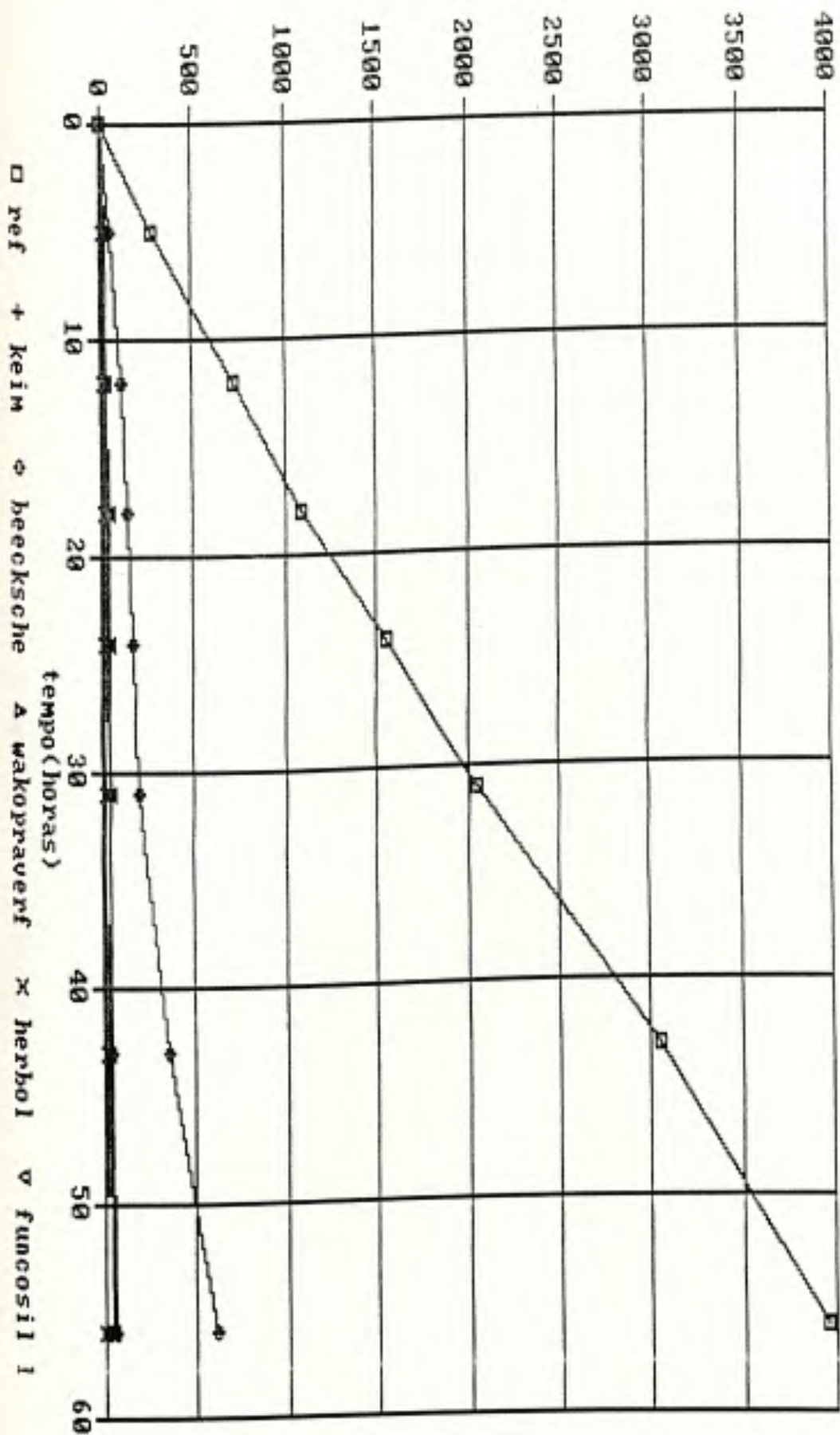


Imersão - ph<sub>3</sub>  
Gráfico 14 - Pedra Evuille

perda de massa (g/h<sup>2</sup>)

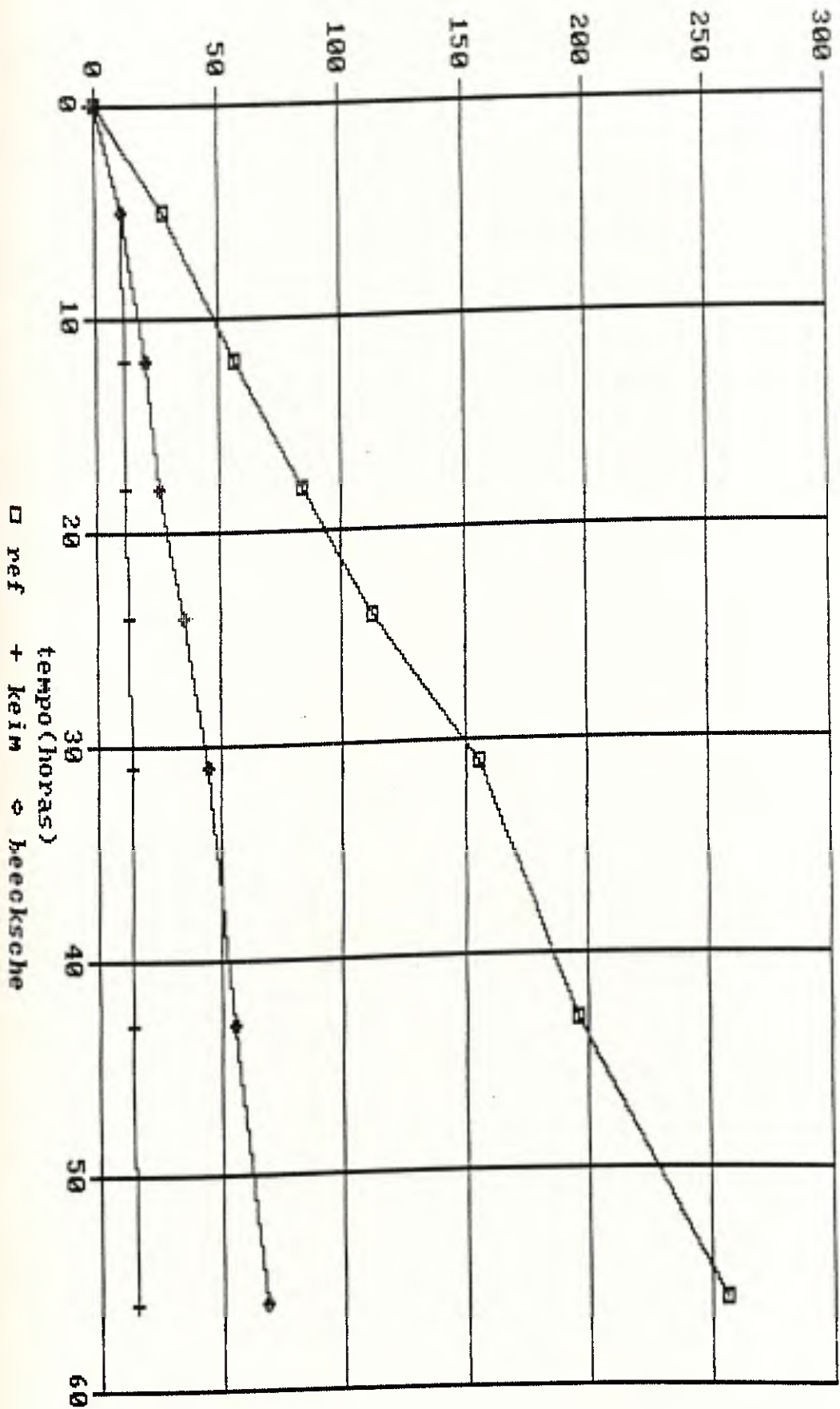


perda de massa (g/m<sup>2</sup>)



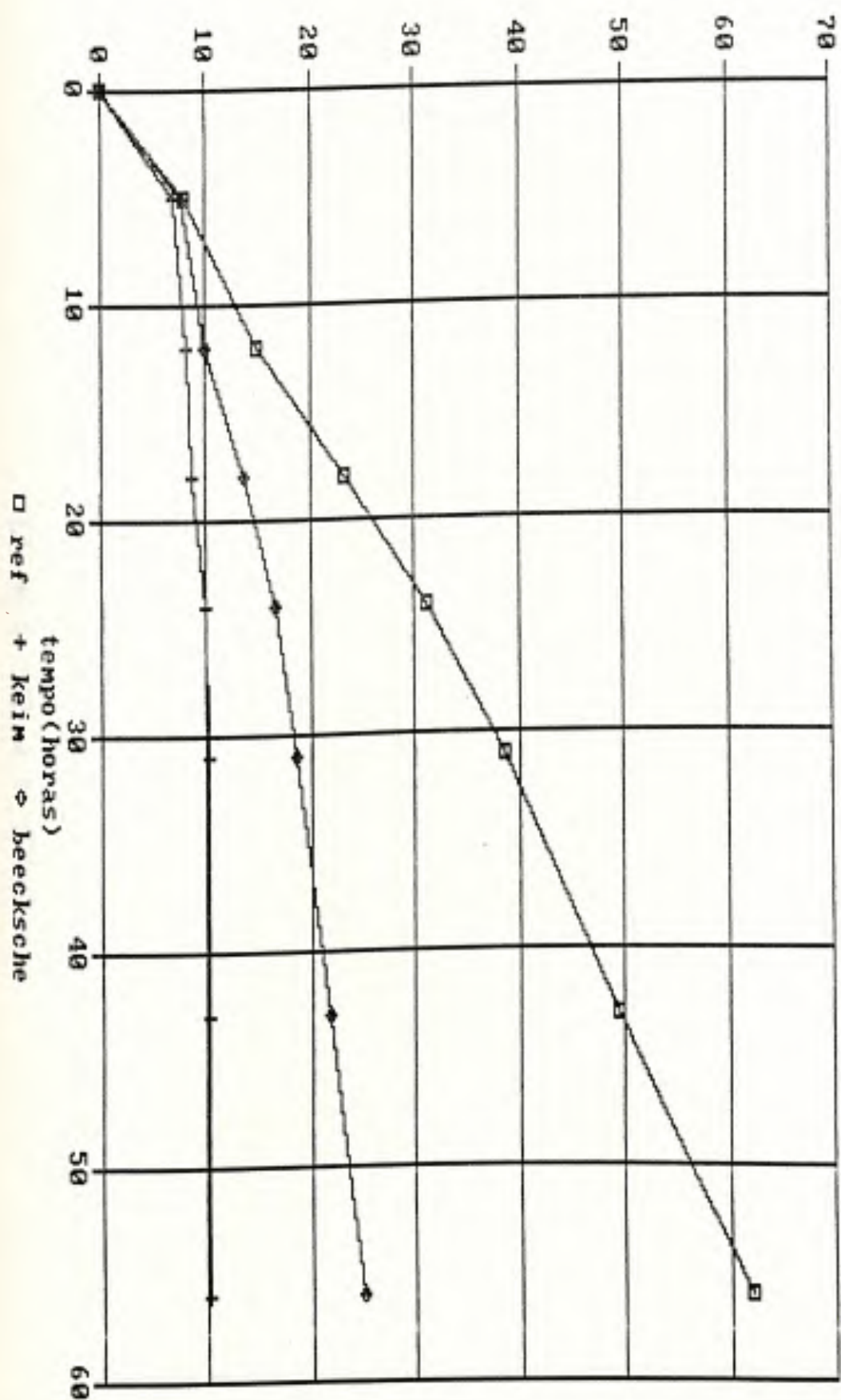


perda de massa(g/m<sup>2</sup>)

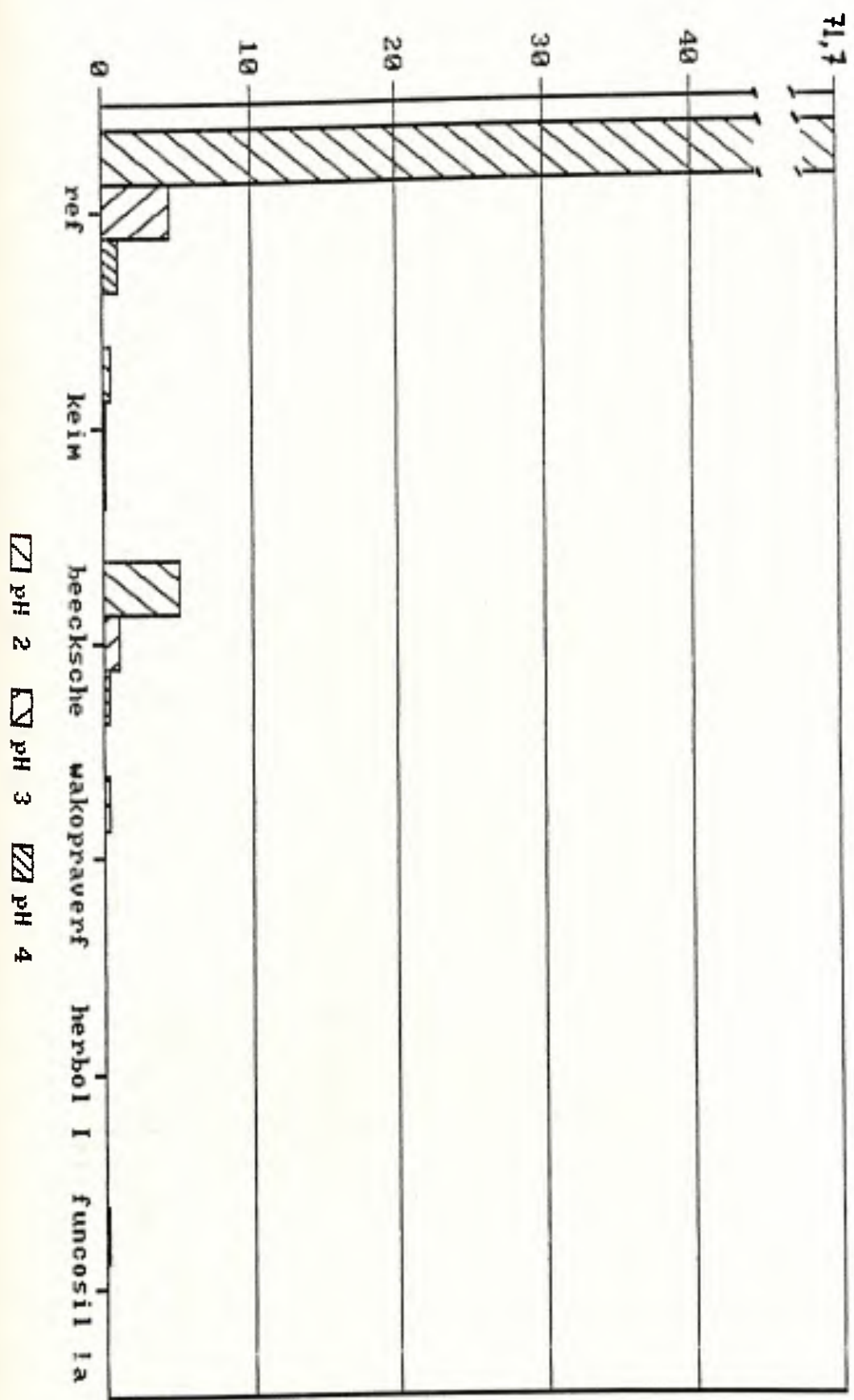




perda de massa (g/m<sup>2</sup>)

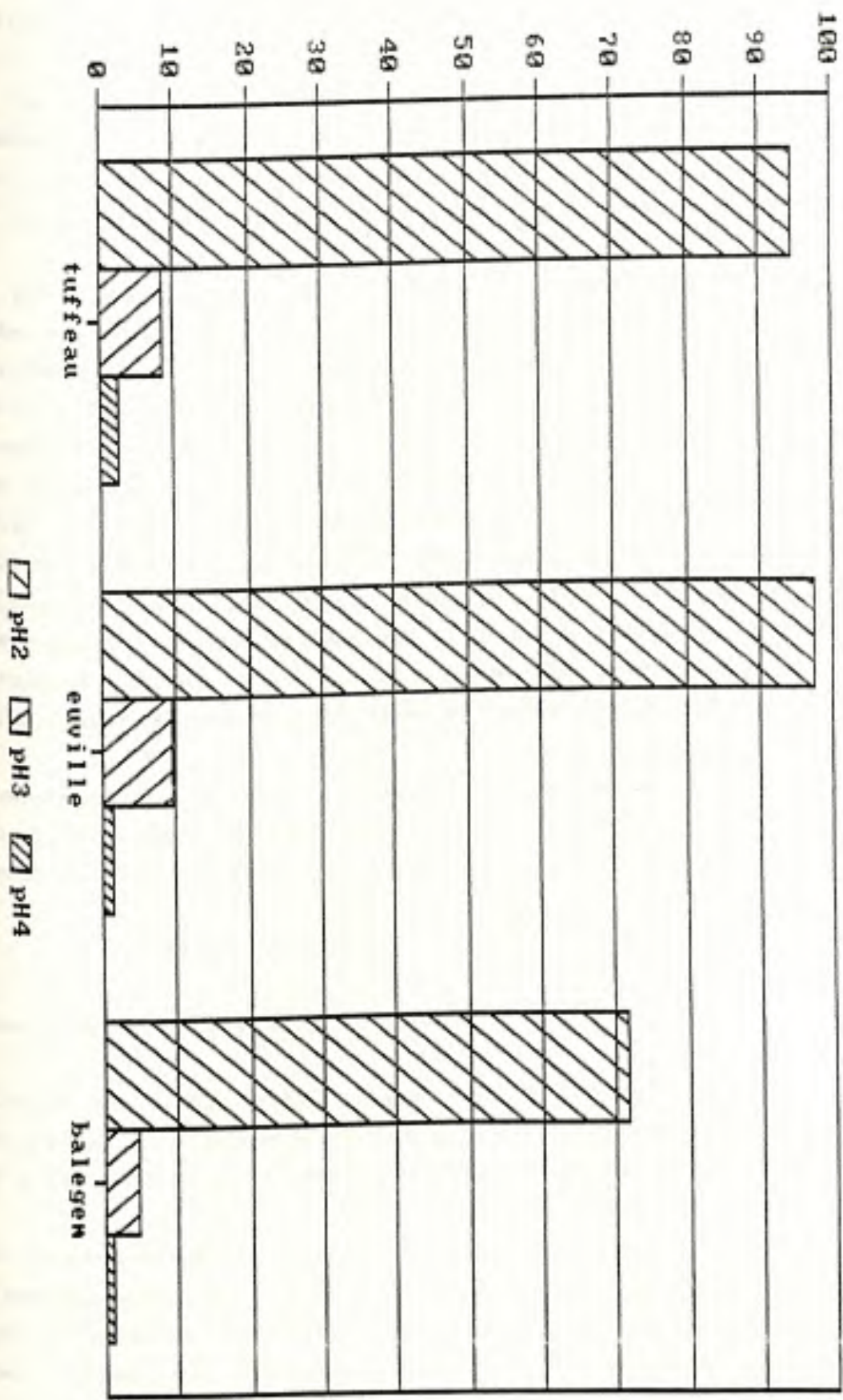


perda de massa (g/m<sup>2</sup>.h)



veloc. perda de massa (g/m<sup>2</sup>.h)

Imersão pH 2, 3 e 4 - veloc. perda massa  
Gráfico 21 - comparação pedras s/ pint.

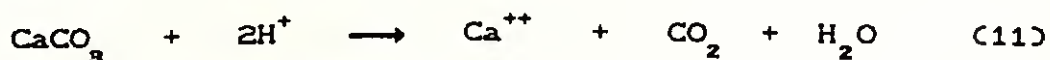


#### 4.d - Discussão geral sobre os efeitos de imersão em soluções de diferentes pH

A observação dos gráficos 9 a 21, bem como a observação visual das amostras submetidas a este teste permitem verificar que as pinturas acrílicas constituem uma proteção bastante eficaz contra a penetração da solução ácida até o suporte pétreo reativo.

A pH 2 (gráficos 9, 13, 17 e 21), por exemplo, no qual as pedras não tratadas são fortemente atacadas, os sistemas acrílicos e a pintura a sílica apresentam uma perda relativa de massa praticamente nula, quando comparada à perda de massa sofrida pelas amostras não tratadas e àquelas tratadas com pinturas a silicato. As pinturas a silicato apresentam, ainda, degradações bastante visíveis da camada de pintura, destacando-se descamações que deixam exposta a superfície pétreo ao ataque da solução ácida. As pinturas acrílicas e a sílica não apresentam, entretanto, degradação quando da imersão a pH 2. A pedra Tuffeau (gráf. 9) não tratada sofreu, a pH 2, um ataque tão pronunciado que a amostra praticamente desapareceu após 32 horas de imersão.

Teoricamente, a pH 2 a velocidade de reação do  $\text{CaCO}_3$  com o ácido sulfúrico deveria ser 10.000 vezes maior que a pH 4, uma vez que esta velocidade é proporcional ao quadrado da  $[\text{H}^+]$ :



velocidade de ataque  $\sim k_1 \times [\text{H}^+]^2$ .

Tendo em vista esta proporcionalidade e alta resistência das pinturas acrílicas e a sílica a pH 2, os testes de imersão a pH 3 e pH 4 foram efetuados somente com as pinturas a silicato.

A observação dos gráficos de perda de massa em função do tempo de imersão (gráficos 9 a 11, 13 a 15 e 17 a 19) permite verificar que as pinturas a silicato também oferecem certa proteção contra a penetração da solução ácida até o suporte pétreo. Existem, entretanto, determinados sistemas de pintura a silicato que não



apresentam boa resistência, nem mesmo a pH 4. Dentre as pinturas a silicato, aquela que apresenta a proteção mais eficaz, nos três valores de pH testados, é a pintura Keim. A sua velocidade de perda de massa é sempre a menor. Para a pedra Tuffeau todas as pinturas a silicato mostram resistência, não apresentando descamações nem outros sintomas visuais de degradação. Tal fato é observado somente para as pinturas a silicato aplicadas sobre a pedra Tuffeau, não ocorrendo com as pedras Euville e Balegem. Isto se deve, certamente, à maior penetração da tinta no suporte quando de sua aplicação. Uma vez que a pedra Tuffeau é bastante porosa, isto permite que a tinta se fixe mais a este suporte, o que ocorre em menor extensão na pedra Euville e praticamente não acontece na pedra Balegem.

A comparação dos dados obtidos para a imersão em pH 3 e pH 4 das amostras de pedras Euville e Balegem não tratadas e tratadas com pinturas a silicato permite a classificação destas últimas em dois grupos, de acordo com a resistência destas à imersão, a saber:

Grupo I - pinturas que protegem o suporte e que apresentam boa resistência durante todo o período de imersão:

pinturas: Keim;  
Funcosil d;  
Beckosil.

Grupo II - pinturas que apresentam uma certa proteção do suporte durante um período de imersão, mas que após este período apresentam degradação, em forma de descamações, bastante apreciável.

pinturas: Z. M. Verf;  
A. Z. Verf;  
Beecksche.

A pintura Z.M. Verf não adere bem ao suporte e se deteriora completamente a pH 2. O mesmo comportamento é observado para as pinturas A.Z. Verf e Beecksche.

É pelo motivo exposto relativamente às pinturas do grupo II acima



descritas que, para as pedras Euville e Balegem, quando observamos os dados de perda de massa em função do tempo de imersão, os valores correspondentes às pinturas Z.M. Verf e Beecksche apresentam uma variação brusca após as primeiras vinte horas de imersão a pH 2. Poderíamos supor que, pelo fato das condições a pH 2 serem bastante drásticas, não obteríamos este comportamento para as imersões a pH 3 e pH 4. O que se observa, entretanto, é que este comportamento também é verificado, o que justifica a manutenção da divisão em grupos acima proposta. Devemos ressaltar que, evidentemente, a pH 3 e pH 4 a degradação observada é menos pronunciada que a pH 2. A pH 4, por exemplo, cujo valor não está tão distante do pH da chuva em regiões poluídas, pode-se notar que após 56 horas de imersão as amostras tratadas com as pinturas Z.M. Verf, A. Z. Verf e Beecksche apresentam-se com a superfície pulverulenta ao toque, além do fato de estas pinturas não mostrarem boa aderência ao suporte.

Considerando-se o comportamento das pedras não tratadas frente à imersão em soluções ácidas, quando se comparam as velocidades de perda de massa nos três pH considerados (Gráfico (21)), verifica-se que a pH 2 e pH 3 a velocidade de ataque à pedra Euville é ligeiramente superior àquela apresentada pela pedra Tuffeau, observando-se o menor valor de velocidade de ataque para a pedra Balegem. A pH 4, entretanto, os valores de velocidade de ataque seguem as características de porosidade do material pétreo. Não conseguimos chegar a uma conclusão quanto ao comportamento da pedra Euville comparado àquele mostrado pela pedra Tuffeau a pH 2 e 3. Acreditamos, entretanto que, pelo fato de a pedra Euville apresentar grãos de calcita bem maiores que aqueles presentes na pedra Tuffeau, quando o aglutinante da pedra reage com o ácido sulfúrico provoca o descolamento destes grãos da matriz da pedra. A perda destes grãos deveria, portanto, provocar maior perda de massa para esta pedra. A comprovação desta hipótese depende de um estudo petrográfico das pedras testadas para que se possa verificar as dimensões médias dos grãos. Nossa observação se baseia apenas na observação microscópica da superfície das pedras e comparação visual do tamanho dos grãos. Ainda com respeito ao comportamento da pedra Euville a pH 2 e 3, observamos que, após

cada período de imersão e secagem esta se apresentava com uma camada de calcita bastante transparente e brilhante, o que não foi observado nas amostras de referência não submetidas à imersão. Para este fenômeno não temos, tampouco, nenhuma explicação.

## 5 - Exposição ao medidor de intempérie

### 5.a - Resultados dos testes de absorção de água à baixa pressão (método do cachimbo)

Os resultados relativos à absorção de água à baixa pressão apresentados na tabela (8), a seguir, estão dados somente para algumas pinturas a silicato, devido ao fato de que os outros sistemas a silicato, acrílico e a silicona não mostraram nenhuma absorção de água à baixa pressão durante toda a duração do teste.

Os valores apresentados na tabela (8), a seguir, representam a diferença (em ml) entre o valor da leitura após 15 minutos de absorção de água e o valor da leitura após 5 minutos de absorção. Estes testes de verificação foram efetuados com intervalos de 42 ciclos de exposição ao medidor de intempérie. Devemos ressaltar ainda, com respeito aos dados da tabela abaixo, que os valores observados referem-se às partes das pinturas que possibilitaram a aplicação do cachimbo sobre uma superfície homogênea da amostra com pintura, apesar de outras partes da amostra mostrarem descolamentos.

ciclos	0	42	84	126	168
<b>Amostra</b>					
<b>Tuffeau</b>					
Ref.	(6")	(6")	(6")	(6")	(6")
Keim	0,0	0,0	0,0	0,1	2,4
Beecksche	0,3	3,2	---	---	(9")
Z.M. Verf	0,1	0,7	1,0	1,3	(13'15")
A.Z. Verf	0,1	0,1	(2')	---	(43")
<b>Euville</b>					
Ref.	(2'35")	(2'30")	(2'30")	(2'30")	(2'30")
Keim	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Beecksche	0,0	0,3	0,3	0,4	0,4
Z.M. Verf	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3
A.Z. Verf	0,2	0,3	0,3	0,3	0,8
<b>Balegem</b>					
Ref.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Keim	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Z.M. Verf	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A.Z. Verf	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela (8) - Resultado da leitura do teste de absorção de água a baixa pressão (método do cachimbo), referentes às amostras submetidas ao teste de exposição ao medidor de intempérie. Os valores apresentados na tabela representam a diferença (em ml) entre o valor da leitura após 15 minutos de absorção de água e o valor da leitura após 5 minutos de absorção. Os valores dados entre parênteses representam o tempo necessário para a absorção de 4,0ml de água. Os testes de verificação foram efetuados com intervalos de 42 ciclos de exposição ao medidor de intempérie.

### 5.b - Discussão dos resultados

As pinturas Keim, Z.M. Verf, A.Z. Verf e Beecksche mostraram uma resistência bastante fraca às condições de exposição ao medidor de intempérie, independentemente do suporte ao qual estas foram aplicadas. Após os primeiros 42 ciclos de envelhecimento o estado de degradação destas pinturas já era bastante evidente. O tipo de degradação mostrado por estas pinturas caracteriza-se, após os primeiros 42 ciclos, por uma pulverulência, seguida, nos próximos ciclos e controles, pela perda da camada de pintura por descolamento desta do suporte.

A pintura Keim, por exemplo, que apresenta boa resistência às condições de imersão em soluções ácidas e exposição à neblina ácida, apresentou-se bem menos resistente ao medidor de intempérie. Esta pintura contém dióxido de titânio como carga. Pela literatura<sup>41</sup> sabemos que, se o dióxido de titânio não é tratado em sua superfície com uma camada de dióxido de silício, a sua superfície pode agir como catalisador para a degradação fotoquímica de polímeros, mesmo no caso de polímeros que são fotoquimicamente estáveis. Isto porque há formação de radicais livres hidroxil e hidroperoxi sobre a superfície do pigmento, os quais vão reagir com o aglutinante da pintura, provocando sua degradação. Quando o pigmento é tratado com uma camada de dióxido de silício em sua superfície, os radicais livres aí formados possuem uma superfície adicional para reagir entre si, o que diminui a probabilidade de reação destes com o aglutinante da pintura. A camada de dióxido de silício funciona, portanto, como uma camada intermediária que proporciona um aumento da probabilidade que os radicais livres reajam entre si, diminuindo a probabilidade de que estes reajam com os componentes orgânicos da pintura. A presente hipótese pode servir como explicação para o comportamento observado para a pintura Keim. Podemos ainda supor que a resina utilizada como aglutinante desta pintura não seja foto-estável ou mesmo que os efeitos mecânicos de pressão da água dentro da câmara provoquem a degradação observada.

Os outros sistemas de pintura testados, acrílicos e a sílica, apresentam-se bastante resistentes às condições de exposição ao medidor de intempérie. Entretanto, pudemos verificar que as pinturas Wako-Pravert e os três sistemas herbol testados apresentam formação de concheamentos superficiais. Tal fato deve estar ligado à fraca permeabilidade ao vapor de água destas pinturas, a qual não é suficiente para permitir a evaporação da água a uma velocidade proporcional à formação de vapor de água sob a camada de pintura. Entretanto, observou-se a formação de concheamentos, mas estes não chegaram a provocar formação posterior de rachaduras (craquelês).



**6 - Tempo de secagem**

**6.a - Pedra Tuffeau**

- . Gráfico 22, pag. 81
- . Tabela 21 - Apêndice IV (pag. IV.60 a IV.62)

**6.b - Pedra Euville**

- . Gráfico 23, pag. 82
- . Tabela 22 - Apêndice IV (pag. IV.63 a IV.65)

**6.c - Pedra Balegem**

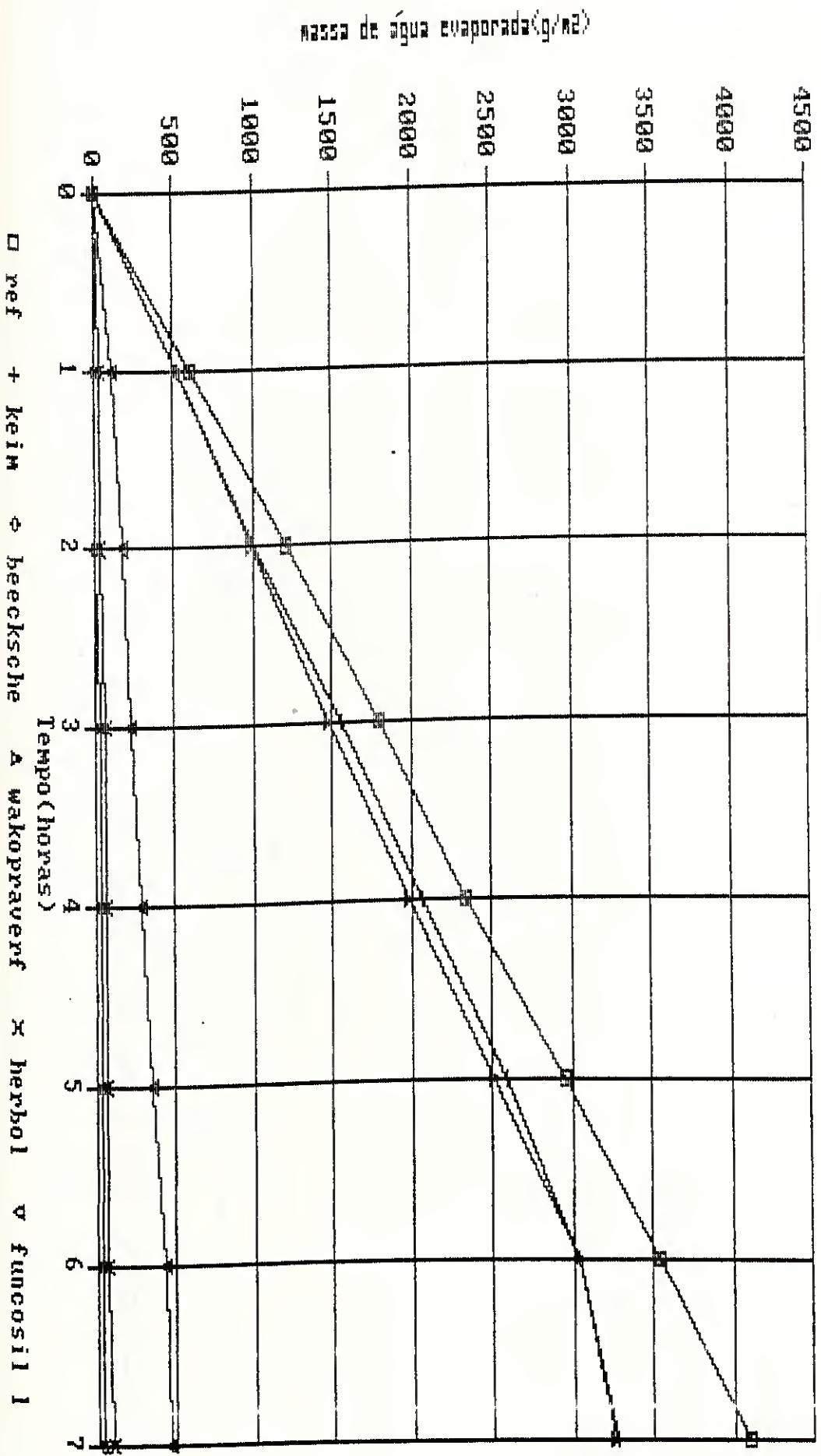
- . Gráfico 24, pag. 83
- . Tabela 23 - Apêndice V (pag. IV.66 a IV.68)

**6.d - Pedras de referência sem pinturas**

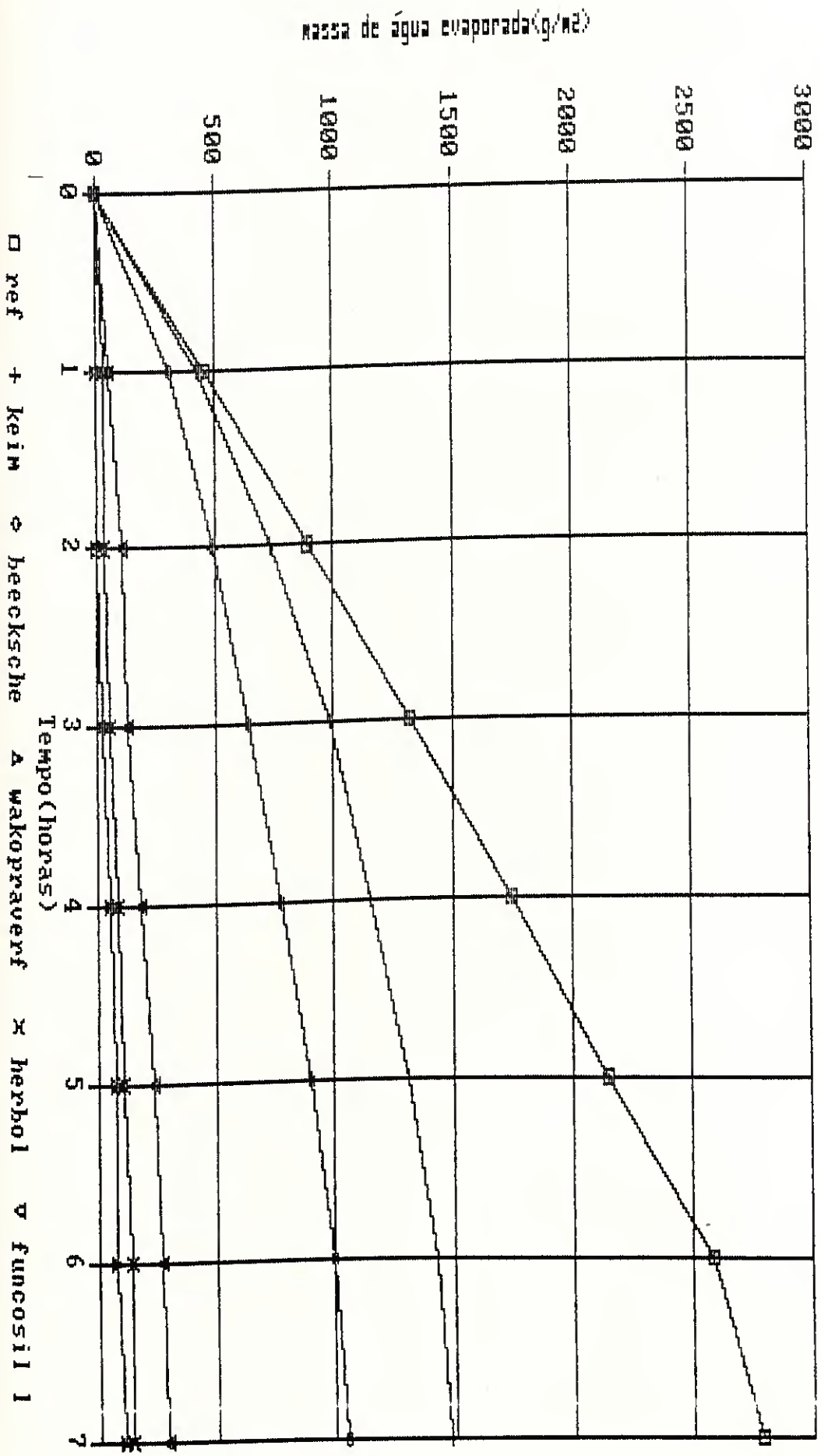
- . Gráfico 25, pag. 84



tempo de secagem (T=20°C U.R.=40%)  
 Gráfico 22 - Pedra fuffeau

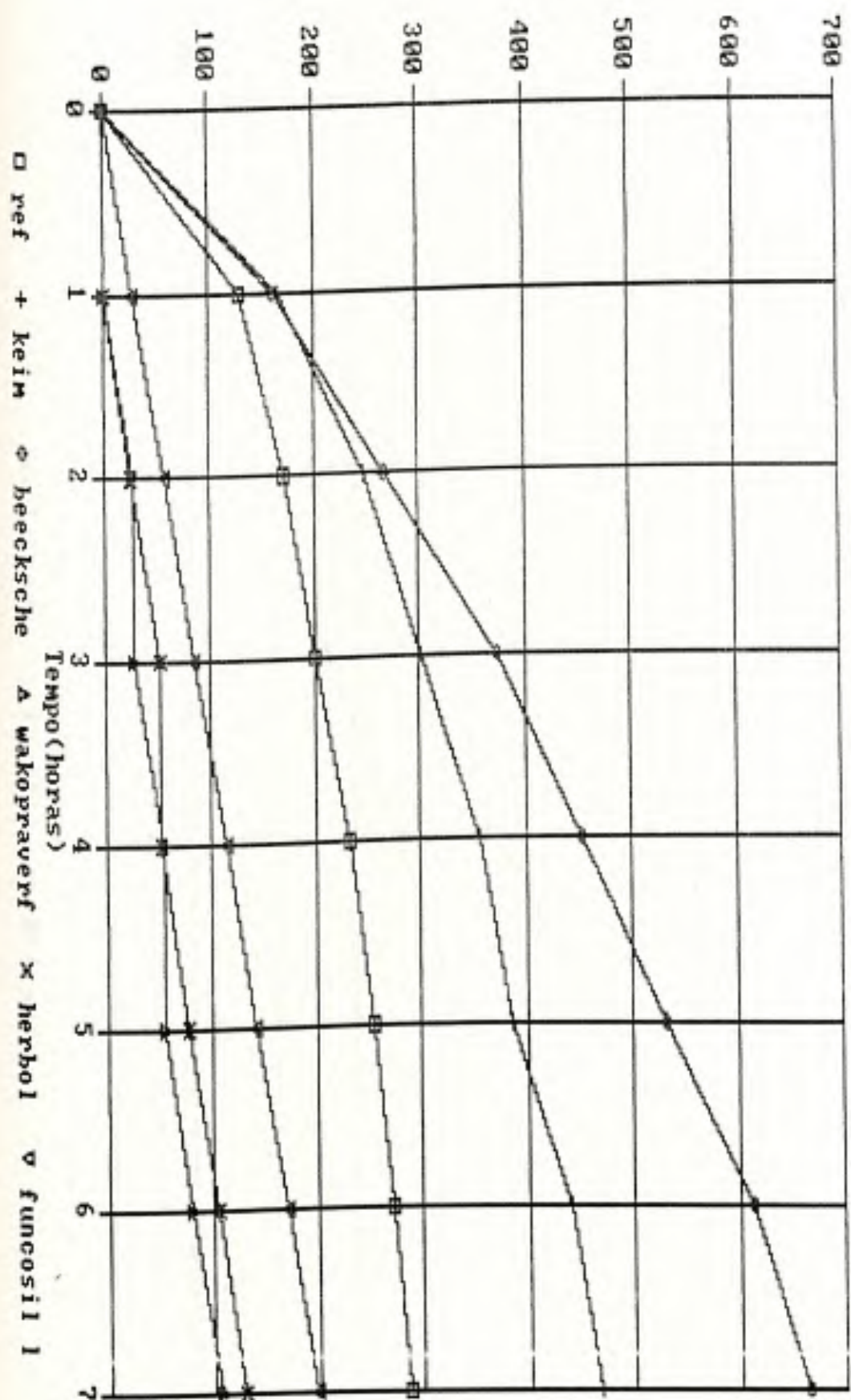


tempo de secagem (T=20°C U.R.=40%)  
 Gráfico 23 - Pedra Fuvillie



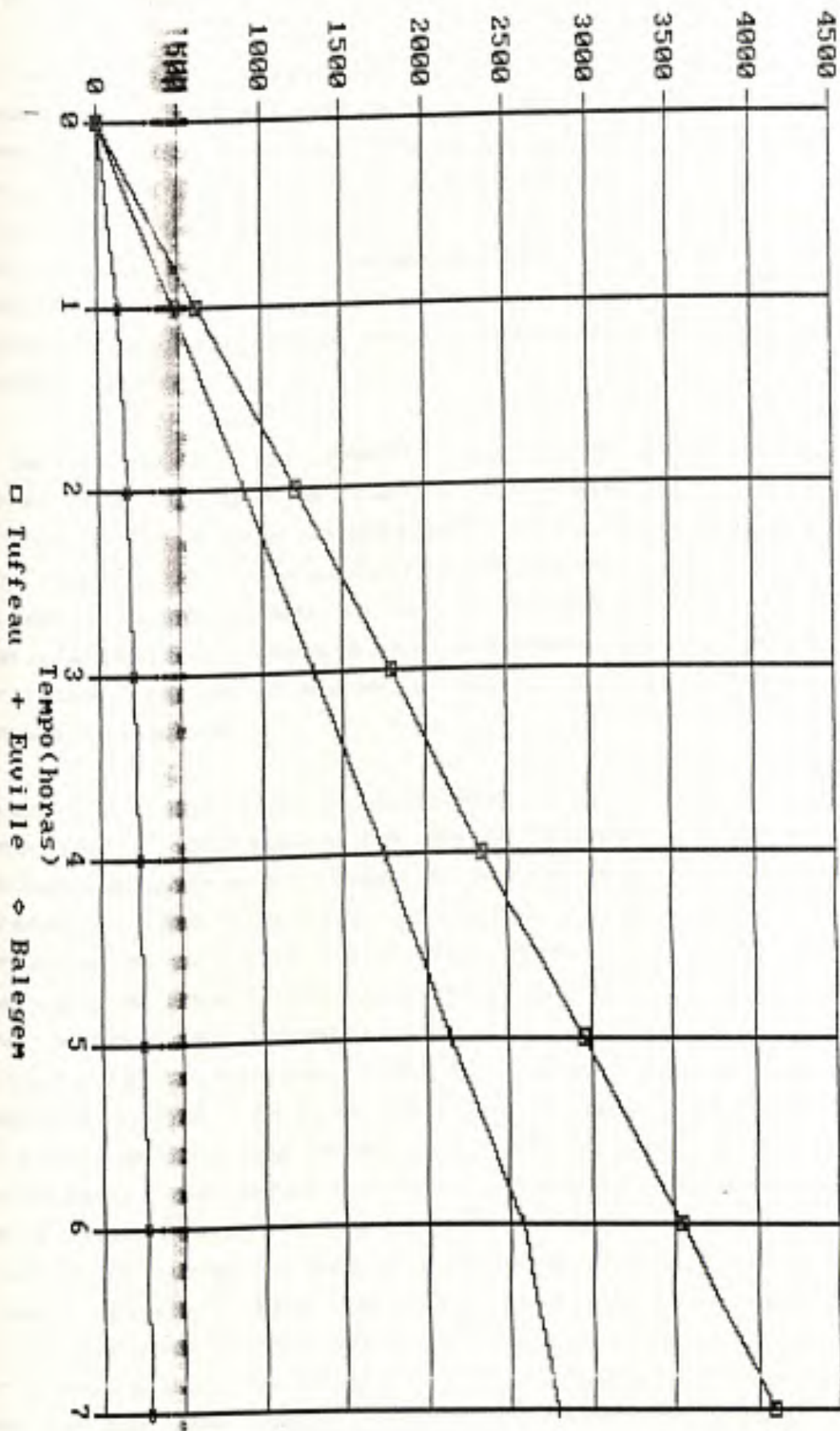
massa de água evaporada (g/m²)

massa de água evaporada (g/m<sup>2</sup>)



massa de água evaporada (g/m<sup>2</sup>)

tempo de secagem (T=20°C, U.R.=40%)  
Gráfico 25 - Pedras s/ pintura



## 6.b - Discussão

O fenômeno de secagem de um material é bastante complexo, e depende de diversas variáveis, como por exemplo: dimensão das amostras, condições de ventilação na superfície de evaporação, porosidade e diâmetro dos poros do material, tensão superficial do líquido que se evapora, dentre outros. Os resultados obtidos para este teste não nos permitem uma discussão aprofundada do comportamento dos sistemas testados, uma vez que obtivemos um comportamento específico relativamente à secagem para cada sistema suporte-pintura.

A pedra Tuffeau, por exemplo, que é uma pedra bastante porosa, permite a obtenção de curvas de secagem que são lineares nas primeiras sete horas de secagem, o que é absolutamente normal para uma pedra que contém capilares em grande quantidade e que possui diâmetro de poros maiores que os outros sistemas testados. Estas características permitem às amostras, não tratadas e àquelas tratadas com as pinturas a silicato, apresentarem curvas de secagem lineares.

Quando se verificam os resultados obtidos para a pedra Balegem, entretanto, constata-se que não há linearidade entre a quantidade de água evaporada em função do tempo, mesmo para as amostras não tratadas. Isto significa que mesmo as amostras de Balegem não tratadas devem levar muito tempo para secar. Esta característica da pedra Balegem é devido ao pequeno diâmetro de seus capilares, o que provoca uma primeira fase de evaporação da água situada à superfície do material, seguida de uma fase bem mais lenta, que depende do fluxo de água que chega à superfície por capilaridade. O fluxo de água que se movimenta por capilaridade é proporcional ao diâmetro dos poros e, conseqüentemente, para a pedra Balegem, este fluxo não é suficiente para permitir uma secagem linear em função do tempo. A pedra Tuffeau possui uma curva de secagem linear porque a água que migra para sua superfície o faz a um fluxo suficiente para deixar a superfície da pedra sempre molhada enquanto a água se evapora. O que se observa, entretanto, é que ocorre uma modificação das propriedades de superfície para as



pedras Balegem tratadas com pinturas a silicato, que provoca velocidade de secagem mais rápida para as pedras tratadas do que para as amostras de Balegem não tratadas (pinturas Keim e Beecksche). Poderíamos aqui adiantar algumas hipóteses sobre este comportamento, entretanto consideramos mais prudente que tal pudesse ser bem verificado e estudado antes de se tentar compreendê-lo.

Em todo caso, o que se pode verificar é que as pinturas a silicato permitem uma permeabilidade ao vapor de água bem mais pronunciada que as pinturas acrílico e a silicona, independentemente do suporte utilizado.

## 7 - Teste de cristalização de sais solúveis

### 7.a - Resultados

Suporte	Tuffeau	Euville	Balegem
✓Pintura			
Keim	1	2	2
Beecksche	1	1	1
Z.M. Verf	2	2	2
A.Z. Verf	2	2	2
Beckosil	1	1	2
Funcosil d	1	2	2
Wakopraverf	1	1	1
Herbol I	0	0	0
Herbol II	0*	0*	0*
Herbol III	1	2	2
Leviscryn mat	1	2	2
Leviscryn	1	2	2
Funcosil la	1	1	2

Tabela (9) - resultados observados ao teste de cristalização de sais solúveis; Legenda: 0 = não ocorreu formação de sais nem degradação da pintura, 1 = formação de sais, porém sem degradação da pintura, 2 = formação de sais acompanhada de degradação da pintura. \* - A pintura Herbol II apresentou somente uma formação de concheamentos, sem apresentar, entretanto, formação de sais.

### b - Discussão dos resultados

De acordo com a tabela (9) acima, pode-se verificar que, para que se tenha uma pintura que resista bem às condições de cristalização de sais solúveis é necessário que a camada de pintura possua características de permeabilidade ao vapor de água e mesmo à água líquida que estejam em concordância com as características do suporte. A pintura Keim, por exemplo, resiste bem sobre a pedra Tuffeau, pois os sais que se formam ocorrem sobre a superfície da pintura, não provocando sua degradação. No caso de uma pintura como esta, sobre a pedra Tuffeau, apresentar formação de sais, uma simples limpeza superficial pode eliminá-los, sem danos maiores para a camada de pintura. Esta mesma pintura, entretanto, quando aplicada sobre os outros suportes testados, apresenta formação de sais abaixo da camada, ou seja, entre a pintura e o suporte. Tal formação provoca a degradação da camada de pintura.

A pintura Z.M. Verf apresenta-se mais resistente sobre a pedra Balegem que sobre a Tuffeau, uma vez que sobre a primeira somente a última camada de pintura é degradada com a formação de sais, enquanto na pedra Tuffeau as duas camadas de pintura são afetadas.

De acordo com os resultados observados, podemos concluir que não é possível generalizar o comportamento de uma pintura sem o conhecimento do suporte sobre o qual esta será aplicada. Existe sempre um compromisso entre o suporte e a pintura sobre ele aplicada. Tal fator não se verifica quando a pintura é bastante impermeável à umidade, como no caso da pintura Herbol I.

Podemos ainda fazer algumas observações referentes aos resultados obtidos, relativamente à porosidade do suporte e à posição de cristalização dos sais com respeito à camada de pintura. Se observamos os resultados obtidos para a pedra Tuffeau e a pedra Balegem, que constituem extremos de porosidade entre os suportes testados, podemos verificar que deve haver uma correspondência entre a porosidade do suporte e a posição de cristalização dos sais, uma vez que a maioria das pinturas que apresenta resistência sobre a pedra Tuffeau não a apresenta quando aplicadas sobre a pedra Balegem. Podemos tentar explicar tal comportamento tendo em vista as considerações seguintes:

A velocidade de evaporação da água sobre a superfície de um material depende da pressão de equilíbrio na superfície do líquido:

$$\Delta P_{\text{e}} = (2 \sigma \cos\theta) / r \quad (12)$$

onde:

$\sigma$  = tensão superficial do líquido;

$\theta$  = ângulo de contato entre a água e a parede dos capilares;

$r$  = raio dos poros

A medida que a água da superfície se evapora ocorre uma migração de água que sobe por capilaridade para ocupar o espaço deixado pela primeira. Esta migração é limitada pelo fluxo viscoso.

descrito pela lei de Poiseuille<sup>45</sup>:

$$\Delta V/\Delta t = (nR^4 \times \Delta P)/(8\eta \times L) \quad (13)$$

onde:

$\Delta V/\Delta t$  = volume de solução que passa por 1 cm<sup>2</sup> dos poros em função do tempo;

$\Delta P$  = gradiente total de pressão do reservatório da solução até o local da evaporação;

R = raio médio dos poros ao longo da distância L do sistema capilar onde a migração se efetua.

Conseqüentemente, de acordo com as expressões (12) e (13) podemos verificar que, para um material poroso que contenha poros de grade diâmetro, o fluxo de água que sobe para substituir a água que se evapora deve ser suficiente para manter a superfície do material molhado e que, quanto menor o diâmetro dos poros menor será o fluxo de água. Estas observações se aplicam ao comportamento das pedras Tuffeau e Balegem. A pedra Tuffeau permanece todo o tempo molhada em sua superfície e, mesmo quando tratada com uma pintura, o fluxo de água que se movimenta por capilaridade é suficiente para permitir à água de evaporar completamente à superfície da pintura. É devido a este motivo que praticamente todas as pinturas aplicadas sobre a pedra Tuffeau apresentam-se com boa resistência à cristalização de sais. Quando estas mesmas pinturas são aplicadas sobre a pedra Balegem, temos um suporte diferente, que contém poros bem fechados; a superfície da pedra apresenta, portanto, uma diferença de pressão para a evaporação que é maior que no caso da pedra Tuffeau (eq. (13)), o que provoca a evaporação da água e a conseqüente cristalização de sais, sem entretanto contar com um fluxo de água suficiente para substituir aquela que se evapora. Sendo esta migração lenta e insuficiente, a cristalização de sais ocorre sob a camada de pintura. Chegamos portanto, a uma situação na qual a probabilidade de que as pinturas aplicadas sobre a pedra Balegem sejam degradadas devido à cristalização de sais solúveis é maior que quando aplicadas sobre a pedra Tuffeau. As pinturas que são praticamente impermeáveis ao vapor de água, como a Herbol I e Wakopraverf, apresentam-se bastante resistentes sobre os três tipos de suporte testados, uma

vez que a taxa de evaporação possibilitada por estas pinturas é extremamente baixa.



Capítulo V - Conclusões

## Conclusões

Os resultados obtidos no teste de exposição aos vapores ácidos indicam que a velocidade de sulfatação das pedras calcáreas é bastante dependente da porosidade apresentada por estas, sendo que aquelas mais porosas apresentam maior probabilidade de sulfatação. As pedras mais densas apresentam sulfatação, porém em menor extensão e mais como um fenômeno superficial. Foi verificado que a proteção apresentada pelas pinturas acrílicas e a silicona é bem mais efetiva que aquela apresentada pelas pinturas a silicato, que por proporcionar uma superfície porosa, permitem a sulfatação do suporte. É importante ser ressaltado também o fato de que a utilização de tintas com carbonato de cálcio não é recomendável para ambientes poluídos, uma vez que este componente da tinta vai ser sulfatado, quando em presença de dióxido de enxofre.

Com respeito à exposição à neblina ácida é interessante ser citado o fato da relação entre a porosidade do suporte calcáreo e sua sulfatação em profundidade, provocando a formação de sulfato de cálcio em seu interior, o qual não é lixiviado. Cabe ressaltar que tal observação constitui-se numa contribuição original obtida através deste trabalho, uma vez que tal comportamento não é citada na literatura. A proteção apresentada pelas pinturas testadas se verifica, uma vez mais, com ênfase para as pinturas acrílicas e a pintura a silicona, uma vez que as pinturas a silicato mostraram perda considerável de matéria e degradações, como pulverulência. Também neste caso, as pinturas que apresentam carbonato de cálcio em sua composição mostraram perda de massa, devido à sulfatação e posterior lixiviação deste. A única proteção mais acentuada foi aquela proporcionada pela pintura Herbol I que é bastante impermeável à água e não contém carbonato de cálcio.

Os testes de imersão em soluções de diferentes valores de pH proporcionaram a verificação da grande resistência das pinturas acrílicas e a silicona, proporcionando proteção mesmo a pH 2. As pinturas silicato, apesar de diminuírem a velocidade de ataque do suporte pela solução ácida, chegaram a mostrar degradações, sendo que dentre estas a pintura que se destaca por proporcionar uma

maior proteção ao suporte é a pintura Keim.

O teste de cristalização de sais solúveis permitiu a verificação da dependência do comportamento de um sistema de pintura, em relação às características do suporte sobre o qual esta está aplicada. Os suportes mais densos mostram uma tendência à apresentarem maiores problemas de degradação, independentemente da pintura a eles aplicada, como no caso dos resultados observados para a pedra Balegem. As pinturas muito impermeáveis à umidade, como a pintura acrílica Herbol I também podem representar problemas, uma vez que podem provocar a migração de umidade para outros locais, como para o interior de um monumento, no caso de serem utilizadas no exterior, por exemplo.

Acreditamos que a execução deste trabalho foi bastante importante, do ponto de vista de aquisição de conhecimentos para posterior aplicação em problemas peculiares à realidade brasileira. Os resultados obtidos, relativamente aos materiais testados, são também importantes, uma vez que estes se constituem em dados necessários ao conhecimento mais aprofundado destes e sua respectiva utilização para procedimentos de conservação/restauração.

## **Bibliografia**

1. Brimblecombe, P., RODHE, H., Air Pollution - Historical Trends, in Durability of Building Materials, 5(1988), pp. 291 - 308.
2. não tendo sido possível encontrar uma cópia do trabalho original de Lavoisier, o "Traité Elementaire de Chimie", optamos por apresentar a citação retirada de:  
Lavoisier, A., Elements of Chemistry, transl. by Robert Keer, William Creech(ed.), (1790), republished by Dover Publ. Inc. New York, (1965), pp. 130
3. EASTLAKE, C.L., FARADAY, M. and RUSSEL, W., Repport on the Protection of the Pictures in the National Gallery by Glass, House of Commons, 24 May(1850).
4. COREMANS, P., L'Introduction d'un nouveau critère dans l'appréciation des oeuvres d'art: Les Sciences Naturelles, in ALUMNI, XIX(1950), 292-301.
5. da SILVA TELLES, A.C., O Barroco no Brasil, análise da bibliografia crítica e colocação de pontos de consenso e de dúvidas, in Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 19(1984), pp. 125 - 137.
6. COREMANS, P., La "Diretoria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional" du Brésil, Mission UNESCO, Avril, (1964), 16p.
7. MORESI, C.M.D., Estudo dos Materiais Pictóricos da Principal Obra do Mestre Ataíde, Dissertação de Mestrado, Departamento de Química/ICEX/UFMG, 1988, 149 p.
8. SOUZA, L.A.C. et PEREIRA, M.O.S., Etude Technique de six peintures attribuées à Maître Athayde, le peintre le plus important de la période Baroque/Rococo à Minas Gerais, Brésil, in Preprints of the 9th. Triennial Meeting of the Internacional Council of Museums, Comitee of Conservation, Dresden, The Getty Conservation Institute(ed.), (1990), pp. 83-87.
9. MICHALSKI, S., Damage to Museum Objects by Visible Radiation(light) and Ultraviolet Radiation(UV), preprints of Two Day Conference on 'Lighting in Museums, Galleries and Historic Houses', Bristol, (1987). pp. 3 - 16.
10. THONSON, G., The Museum Environment, 2<sup>nd</sup> ed., Butterworths, London, (1987)



11. FELLER, R. L., STOLOW, N. and JONES, E., On Picture Varnishes and their Solvents, reprint, National Gallery of Art, Washington, 1985.
12. THOMSON, G., Air pollution - A review for conservation chemists, *Studies in Conservation*, 10(1965), pp. 147.
13. BAER, N.S., BANKS, P.N., Indoor air pollution: effects on cultural and historical materials, *International Journal of Museum Management and Curatoship*, 4(1985), pp. 9 - 20.
14. BOGATY, H., CAMPBELL, K.S., APPEL, W.D., The oxidation of cellulose by ozone in small concentrations, *Tex. Res. J.*, 22(1952), pp. 81.
15. BRIMBLECOMBE, P., The Composition of Museum Atmospheres, *Atmospheric Environment*, 24b(1990), No. 1, pp. 1 - 8.
16. CASS, G.R. et alii, Protection of works of art from photochemical smog, *Environmental Quality Report 28*, California Institute of Technology, Pasadena, CA, (1988).
17. DRUZIK, J.R. et alii, The measurement and model predictions of indoor ozone concentration in museums, *Atmospheric Environment* 24A, No. 7, (1990), pp. 1813-1823.
18. Hackney, S., The distribution of gaseous air pollution within museums, *Studies in Conservation*, 29(1984), pp. 105 - 116.
19. GROSJEAN, D. et alii, Ozone Fading of Organic Colorants: Products and Mechanism of the Reaction of Ozone with Curcumin, *Env. Sc. Tech.*, 22(1988), pp.1357 - 61.
20. GROSJEAN, D. et alii, Fading of Alizarin and Related Artists' Pigments by Atmospheric Ozone: Reaction Products and Mechanisms, *Env. Sc. Tech.*, 21(1987), pp. 635 - 43.
21. GROSJEAN, D. et alii, Ozone Fading of Natural Organic Colorants: Mechanisms and Products of the reaction of Ozone with Indigos, *Env. Sc. Tech.* 22(1988), pp. 292 - 7.
22. LAZZARINI, L. e TABASSO, L.M., *Il Restauro della Pietra*, Cedam, Padova, 1986.
23. COCKS, A. and Kallend, T., The Chemistry of Atmospheric Pollution, *chemistry in Britain*, 24(1988), pp. 888-914.
24. CHAROLA, A.E., Chemical Physical factors in Stone Deterioration, *Durability of Building Materials*, 5(1988), pp. 309-316.
25. CHAROLA, A.E. and LEWIN, S.Z., Examples of Stone Decay due to

- Salt Efflorescence, Preprints of the 3rd. International Congress on the Deterioration and Preservation of Stones, Venezia, 24-27/10/1979
26. PASTOUR, G. et GRANDOU, Peintures et Verniz, Hermann, Paris, 1966.
  27. Hipótese levantada pelo Prof. César Mendonça, da Universidade Federal de Ouro Preto, MG, n.p.
  28. Note d'Information Technique, Centre Scientifique et technique de la Construction, Bruxelles, 162(1985), pp. 17
  29. UNESCO, International Symposium "Deterioration and Protection of Stone Monuments", Paris, 1978, test I.1.
  30. de Witte, E., Fine Arts, Encycl. Polym. Sci. Eng., Kroschwitz, Jacqueline I, (ed.), John Wiley and Sons, New York, 7(1987), pp.127 - 153.
  31. Acrylic Ester Polymers, Encyclopaedia of Polymer Science and Technology, ed. by H.F. Mark, N.G. Gaylord, N.M. Bilakes, Interscience Publishers, J. Wiley and Sons, New York, 1(1964), pp. 243 - 333
  32. MILLS, J. S. and WHITE, R., The Organic Chemistry of Museum Objects, Butterworths, London, (1987), pp. 134-140.
  33. de WITTE, E., Vieillissement Naturel et Artificiel des Produits Synthétiques Comparé à celui des Produits naturels, in Preprints of the Seminaire "Produits Synthétiques pour la conservation et la restauration des Oeuvres d'Art", Berne, 28-30/Novembre/1995, Association Suisse de Conservateurs et Restaurateurs(ed.), (1985), pp. 87-97.
  34. UNESCO, International Symposium "Deterioration and Protection of Stone Monuments, Paris, 1978, test I.1
  35. UNESCO, International Symposium "Deterioration and Protection of Stone Monuments, Paris, 1978, test II.4.
  36. UNESCO, International Symposium "Deterioration and Protection of Stone Monuments, Paris, 1978, test II.5.
  37. UNESCO, International Symposium "Deterioration and Protection of Stone Monuments, Paris, 1978, test V.2
  38. CAMPBELL, G.G., SCHUUR, G.G. and SLAWIKOWSKI, J. Paint Technology, 46(1974), pp. 76.
  39. LEWIN, S.L. and CHAROLA, A.E., Aspects of Crystal Growth and recrystallization Mechanisms as Revealed by Scanning

- Electron Microscopy, Scanning Electron Microscopy, I(1980), pp. 551-8.
40. LEWIN, S.L. and CHAROLA, A.E., Scanning Electron Microscopy in - the Diagnosis of "Diseased" Stone, Scanning Electron Microscopy, II(1978), 695-703.
  41. BRAUN, J.H., Titanium Dioxide's Contribution to the Durability of Paint Films, Progress in Organic Coatings, 15(1987), pp. 249 - 260.
  42. AMOROSO, G.G. and FASSINA, V., Stone Decay and conservation, Elsevier, Amsterdam, (1983), pp.17.
  43. AMOROSO, G.G. and FASSINA, V., Stone Decay and conservation, Elsevier, Amsterdam,(1983), pp. 21.
  44. AMOROSO, G.G. and FASSINA, V., Stone Decay and conservation, Elsevier, Amsterdam, (1983), pp. 34
  45. POISEUILLE, T. L., Compt. Rend., 11(1840), pp. 961.

**Apêndice I - Dados relativos ao teste de exposição aos vapores  
ácidos**

Amostra	Superf. (cm <sup>2</sup> )	Massa(g) Inicial	Ciclos de oito horas											
			0	1	2	3	5	10	15	20				
Z.M. Verf														
TZ1	64.3000	17.7834	19.8904	19.9286	19.9770	20.0499	20.2231	20.6491	21.0400	21.4121				
TZ2	61.3000	14.5528	16.4067	16.4516	16.4962	16.5723	16.7411	17.1307	17.4682	17.7976				
TZ3	61.0000	14.1196	16.1574	16.1920	16.2370	16.3166	16.4739	16.8553	17.1940	17.5177				
Media	62.2000	15.4853	17.4948	17.5239	17.5701	17.6463	17.8127	18.2117	18.5674	18.9091				
Delta m		1.9996	.0000	.0390	.0852	.1614	.3279	.7269	1.0825	1.4243				
Delta p		321.4737	0.0000	.0390	.0462	.0762	.1664	.3990	.3557	.3417				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	6.2755	13.7031	25.9539	52.7117	116.8596	174.0461	228.9871				
A.Z. Verf														
TA4	64.4000	18.1077	19.6404	19.6940	19.7160	19.7548	19.8814	20.3658	20.6701	20.8962				
TA5	64.8000	20.6531	22.1338	22.1890	22.2055	22.2327	22.3578	22.8443	23.2123	23.4754				
TA6	60.8000	14.8554	16.2411	16.2881	16.3004	16.3283	16.4153	16.8073	17.1181	17.2912				
Media	63.3333	17.8721	19.3384	19.3904	19.4073	19.4386	19.5515	20.0058	20.3337	20.5543				
Delta m		1.4664	.0000	.0519	.0689	.1002	.2131	.6674	.9952	1.2158				
Delta p		231.5316	0.0000	.0519	.0169	.0313	.1129	.4543	.3279	.2206				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	8.2000	10.8737	15.8158	33.6421	105.3737	157.1421	191.9737				
Beckosil														
TB1	60.9000	14.8526	16.3651	16.3745	16.4024	16.4463	16.5350	16.7519	16.9590	17.1748				
TB2	60.7000	14.9809	16.1957	16.2280	16.2572	16.3055	16.4193	16.9764	16.9722	17.2925				
TB3	64.1000	17.0794	18.7443	18.7626	18.7849	18.8316	18.9391	19.2373	19.5243	19.8458				
Media	61.9000	15.6376	17.1017	17.1217	17.1482	17.1945	17.2978	17.6559	17.8185	18.1044				
Delta m		1.4641	.0000	.0200	.0465	.0928	.1961	.5542	.7163	1.0027				
Delta p		236.5213	0.0000	.0200	.0265	.0463	.1033	.3581	.1625	.2859				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	3.2310	7.5067	14.9844	31.6801	89.5256	115.7997	161.9817				

pinturas Z.M.Verf, A.Z. Verf, Beckosil



Amostra	Superf. (cm <sup>2</sup> )	Massa(g) Inicial	Ciclos de oito horas											
			0	1	2	3	5	10	15	20				
<b>Funcosil d</b>														
TF1	58.0000	12.2171	13.9545	13.9948	13.9998	14.0386	14.1602	14.5781	14.9353	15.3571				
TF2	62.2000	13.9242	16.6115	16.6287	16.6420	16.6950	16.8299	17.3138	17.7266	18.2650				
TF3	66.9000	22.7341	25.2424	25.2652	25.2939	25.3604	25.5388	26.1694	26.6682	29.3981				
Média	62.3667	16.2918	18.6028	18.6296	18.6452	18.6980	18.8430	19.3538	19.7767	21.0071				
Delta m		2.3110	.0000	.0268	.0424	.0952	.2402	.7510	1.1739	2.4041				
Delta p		370.5505	0.0000	.0268	.0157	.0528	.1450	.5108	.4229	1.2301				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	4.2918	6.8038	15.2646	38.5088	120.4115	188.2255	385.5692				
<b>Herbol II</b>														
TI14	64.6000	17.6265	21.3728	21.3132	21.2760	21.2354	21.0351	21.2482	21.2559	21.2957				
TI12	65.5000	17.4162	21.1541	21.0972	21.0588	21.0380	21.2482	21.0320	21.0461	21.0951				
TI13	66.3000	20.6998	24.2520	24.1985	24.1624	24.1457	24.1392	24.1369	24.1483	24.1905				
Média	65.4667	18.5808	22.2596	22.2030	22.1657	22.1397	22.1408	22.1390	22.1501	22.1936				
Delta m		3.6788	.0000	-.0567	-.0939	-.1199	-.1188	-.1206	-.1095	-.0659				
Delta p		561.9348	0.0000	-.0567	-.0372	-.0260	.0011	-.0018	.0111	.0437				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-8.6558	-14.3432	-18.3198	-18.1466	-18.4216	-16.7312	-10.0611				
<b>Herbol III</b>														
TI111	61.9000	17.4169	19.5849	19.5405	19.5082	19.5013	19.5011	19.5099	19.5267	19.5645				
TI112	62.8000	18.2824	20.2631	20.2221	20.1946	20.1846	20.1954	20.2094	20.2337	20.2856				
TI113	65.5000	22.6366	24.7298	24.6903	24.6621	24.6532	24.6617	24.6727	24.6934	24.7345				
Média	63.4000	19.4453	21.5259	21.4843	21.4550	21.4464	21.4527	21.4640	21.4845	21.5281				
Delta m		2.0806	.0000	-.0416	-.0710	-.0796	-.0732	-.0619	-.0413	.0021				
Delta p		328.1756	0.0000	-.0416	-.0293	-.0086	.0064	.0113	.0206	.0431				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-6.5668	-11.1935	-12.5499	-11.5457	-9.7687	-6.5195	.3261				

Tabela 1 - Vaporos Ácidos - Pedra Tufofeu - pag. 1.3

Amostra	Superf. (cm2)	Massa(g) inicial	Ciclos de oito horas							
			0	1	2	3	5	10	15	20
Leviscrgl Mat										
T1	50.6000	14.9142	15.8834	15.8713	15.8452	15.8435	15.8483	15.8622	15.8779	15.9364
T2	59.7000	16.8425	17.8419	17.8545	17.8335	17.8310	17.8336	17.8417	17.8504	17.8706
T3	60.6000	17.1939	18.1675	18.1801	18.1596	18.1573	18.1605	18.1697	18.1798	18.2061
Média	60.3000	16.3169	17.2976	17.3020	17.2794	17.2773	17.2808	17.2912	17.3027	17.3277
Delta m		.9807	.0000	.0044	-.0182	-.0203	-.0168	-.0064	.0051	.0301
Delta p		162.6423	0.0000	.0044	-.0225	-.0022	.0035	.0104	.0115	.0250
Corr. p/ g/m2			.0000	.7242	-3.0127	-3.3720	-2.7861	-1.0614	.8458	4.9717
Leviscrgl										
TL1	60.8000	16.0203	17.7678	17.7693	17.7454	17.7424	17.7486	17.7572	17.7668	17.7901
TL2	61.0000	16.0700	17.8501	17.8535	17.8325	17.8357	17.8405	17.8615	17.8845	17.9217
TL3	60.9000	15.9362	17.6498	17.6560	17.6377	17.6402	17.6560	17.6994	17.7480	17.8262
Média	60.9000	16.0038	17.7559	17.7596	17.7385	17.7394	17.7484	17.7727	17.7998	17.8160
Delta m		1.7471	.0000	.0037	-.0174	-.0165	-.0075	.0168	.0439	.0901
Delta p		286.8747	0.0000	.0037	-.0211	.0009	.0089	.0243	.0271	.0462
Corr. p/ g/m2			.0000	.6076	-2.8517	-2.7039	-1.2370	2.7586	7.2031	14.7947

Tabela 1 - Vapores Ácidos - Pedra Tufofeu - pag. I.4

Amostra	Superf. (cm <sup>2</sup> )	Massa (g) Inicial	0	1	2	3	5	10	15	20
Refer. TR1	60.0023		15.6747	15.7080	15.7949	15.9267	16.2232	16.9067	17.6612	18.6039
TR2	67.7837		15.8970	15.9513	16.0362	16.1691	16.4529	17.0958	17.7712	18.5376
TR3	63.2140		15.5000	15.5622	15.6414	15.7715	16.0447	16.6610	17.2890	18.0705
Média	60.0000		15.6906	15.7405	15.8242	15.9558	16.2403	16.8878	17.5738	18.3973
Delta m			.0000	.0499	.1336	.2652	.5497	1.1973	1.8832	2.7068
Delta p			0.0000	.0499	.0837	.1316	.2845	.6476	1.8832	.8235
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	8.3222	22.2667	44.2000	91.6167	199.5444	313.8722	451.1278
Keim TK1	66.3000	19.9656	21.9176	22.0858	22.0919	22.1882	22.4052	23.1796	23.9894	24.7666
TK2	62.3000	19.7122	21.5604	21.7252	21.7485	21.8372	22.0352	22.6853	23.4165	24.1443
TK3	59.2000	15.8559	17.7241	17.8731	17.9030	17.9784	18.1432	18.6577	19.2433	19.8639
Média	62.6000	18.5112	20.4007	20.5614	20.5811	20.6679	20.8612	21.5075	22.2164	22.9249
Delta m		1.8895	.0000	.1607	.1804	.2672	.4605	1.1068	1.8157	2.5242
Delta p		301.8317	0.0000	.1607	.0198	.0868	.1933	.6463	.7089	.7085
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	25.6656	28.8232	42.6890	73.5623	176.8104	290.0485	403.2022
Beecksche TM1	61.1000	15.6846	18.4083	18.4384	18.4694	18.5163	18.6187	18.8920	19.1647	19.4694
TM2	62.4000	16.2928	18.9664	18.9825	19.0187	19.0685	19.1774	19.4573	19.7273	20.0101
TM3	61.3000	15.4258	18.1975	18.2220	18.2510	18.2962	18.3941	18.6430	18.8821	19.1417
Média	61.6000	15.8011	18.5241	18.5476	18.5797	18.6270	18.7301	18.9974	19.2580	19.5071
Delta m		2.7230	.0000	.0236	.0556	.1029	.2060	.4734	.7340	1.0130
Delta p		442.0455	0.0000	.0236	.0321	.0473	.1031	.2674	.2606	.2790
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	3.8258	9.0314	16.7100	33.4416	76.8452	119.1504	164.4481

Tabela 1 - Vapores Ácidos - Pedra Tuffeau - pag. 1.5

Amostra	Superf. (cm <sup>2</sup> )	Massa(g) inicial	Ciclos de oito horas															
			0	1	2	3	5	10	15	20								
wakopraverf																		
TW1	59.8000	13.2876	14.7425	14.7735	14.7697	14.7893	14.8539	14.9895	15.5566	15.3787								
TW2	60.9000	14.8158	16.2443	16.2745	16.2625	16.2784	16.3421	16.4828	16.6445	16.9031								
TW3	64.0000	15.6703	17.3172	17.3468	17.3431	17.3608	17.4280	17.5932	17.7624	18.0278								
Média	61.5667	14.5912	16.1013	16.1316	16.1251	16.1428	16.2080	16.3552	16.6545	16.7699								
Delta m		1.5101	.0000	.0303	.0238	.0415	.1067	.2538	.5532	.6085								
Delta p		245.2798	0.0000	.0303	-.0065	.0177	.0652	.1472	.2993	.1054								
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	4.9161	3.8603	6.7407	17.3254	41.2290	89.8484	108.5069								
Herbol I																		
TI1	63.5000	19.8258	22.1305	22.1120	22.0757	22.0584	22.0570	22.0477	22.0456	22.0471								
TI2	60.0000	14.6226	16.3501	16.3331	16.2988	16.2838	16.2800	16.2740	16.2777	16.2765								
TI3	63.9000	19.0804	21.9442	21.9070	21.8661	21.8464	21.8416	21.8301	21.8279	21.8065								
Média	62.4667	17.8429	20.1416	20.1174	20.0802	20.0629	20.0595	20.0506	20.0504	20.0534								
Delta m		2.2987	.0000	-.0242	-.0614	-.0787	-.0821	-.0910	-.0912	-.0882								
Delta p		367.9829	0.0000	-.0242	-.0372	-.0173	-.0033	-.0089	-.0002	.0030								
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-3.8794	-9.8292	-12.6041	-13.1377	-14.5678	-14.5998	-14.1749								
Funcosil I																		
TL1	62.3000	17.6828	18.9194	18.9192	18.9292	18.9200	18.9476	19.0207	19.0962	19.2387								
TL2	65.5000	21.1961	22.3514	22.3605	22.3535	22.3648	22.3976	22.4751	22.5672	22.7075								
TL3	61.6000	16.0748	17.2359	17.2462	17.2391	17.2522	17.2811	17.3526	17.4407	17.5945								
Média	63.1333	18.3179	19.5022	19.5086	19.5073	19.5123	19.5421	19.6161	19.7014	19.8469								
Delta m		1.1843	.0000	.0064	.0050	.0101	.0399	.1139	.1991	.347								
Delta p		187.5924	0.0000	.0064	-.0014	.0051	.0298	.0740	.0852	.1455								
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	1.0137	.7973	1.5998	6.3147	18.0412	31.5417	54.5935								

Tabela 2 - Vapores ácidos - Pedra Euville - pag. 1.6

Amostra	superf. (cm <sup>2</sup> )	massa inicial	Ciclos de oito horas												
			0	1	2	3	5	10	15	20					
Z.M. Verf															
EZ1	68.6000	32.6829	34.1028	34.1391	34.2103	34.2208	34.2584	34.3683	34.4692	34.5728					
EZ2	64.9000	35.4160	36.7848	36.8170	36.8925	36.9039	36.9429	37.0528	37.1681	37.2716					
EZ3	69.0000	35.3156	36.9407	36.9737	37.0447	37.0655	37.1141	37.2433	37.3716	37.4948					
Media	67.5000	34.4715	35.9428	35.9766	36.0492	36.0634	36.1051	36.2215	36.3363						
Delta m		1.4713	.0000	.0338	.1064	.1206	.1624	.2787	.3935						
Delta p		217.9654	0.0000	.0338	.0726	.0142	.0417	.1163	.1148						
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	5.0123	15.7630	17.8716	24.0543	41.2889	58.3012						
A.Z. Verf															
E44	66.8000	32.2791	32.4909	32.5116	32.5436	32.5377	32.5897	32.7095	32.7613	32.7979					
E45	69.8000	40.3247	41.2703	41.2978	41.3324	41.3354	41.4096	41.5247	41.5769	41.6125					
E46	67.4000	39.0474	40.0412	40.0613	40.0958	40.0925	40.1381	40.2898	40.3661	40.4224					
Media	68.0000	37.2171	37.9341	37.9569	37.9906	37.9885	38.0458	38.1747	38.2348	38.2776					
Delta m		.7171	.0000	.0228	.0565	.0544	.1117	.2405	.3006	.3435					
Delta p		105.4510	0.0000	.0228	.0337	-.0021	.0573	.1289	.0601	.0428					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	3.3480	8.3039	8.0000	16.4216	35.3725	44.2108	50.5698					
Beckosil															
EB1	65.4000	38.0063	38.7227	38.7441	38.7763	38.7717	38.7892	38.8376	38.8978	39.0659					
EB2	67.9000	36.1036	36.8671	36.8910	36.9288	36.9285	36.9634	37.0322	37.0898	37.1597					
EB3	61.3000	32.7697	33.3493	33.3694	33.3970	33.3876	33.4112	33.4529	33.4887	33.5410					
Media	64.8667	35.6265	36.3130	36.3348	36.3674	36.3626	36.3879	36.4409	36.4921	36.5689					
Delta m		.6865	.0000	.0218	.0543	.0496	.0749	.1279	.1791	.2558					
Delta p		105.8325	0.0000	.0218	.0325	-.0048	.0253	.0530	.0512	.0768					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	3.3628	8.3762	7.6413	11.5468	19.7122	27.6053	39.4399					



Amostra	superf. (cm <sup>2</sup> )	massa inicial	Ciclos de oito horas												
			0	1	2	3	5	10	15	20					
Funcosil d															
EF1	65.9000	34.6069	36.7485	36.7552	36.8062	36.8236	36.9006	37.0873	37.2196	37.3420					
EF2	67.0000	37.5994	39.4920	39.4999	39.5473	39.5660	39.6380	39.8411	39.9664	40.0341					
EF3	70.9000	41.8298	44.3676	44.3681	44.4126	44.4454	44.5435	44.7692	44.7713	44.8300					
Média	67.9333	38.0120	40.2027	40.2077	40.2554	40.2783	40.3607	40.5659	40.6524	40.7587					
Delta m		2.1907	.0000	.0050	.0527	.0756	.1580	.3632	.4497	.5560					
Delta p		322.4730	0.0000	.0050	.0476	.0230	.0824	.2052	.0866	.1163					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	.7409	7.7527	11.1335	23.2581	53.4593	66.2022	83.3170					
Herbol II															
EII1	65.3000	34.6655	37.8529	37.8143	37.8128	37.7826	37.7775	37.7672	37.7702	37.8018					
EII2	68.6000	35.6896	39.3875	39.3408	39.3255	39.2946	39.2889	39.2834	39.2949	39.3511					
EII3	69.1000	35.0808	38.9636	38.9120	38.8984	38.8696	38.8627	38.8533	38.8586	38.9020					
Média	67.6667	35.1453	38.7347	38.6890	38.6789	38.6489	38.6430	38.6346	38.6412	38.6950					
Delta m		3.5894	.0000	-.0456	-.0558	-.0857	-.0916	-.1000	-.0934	-.0197					
Delta p		530.4483	0.0000	-.0456	-.0101	-.0300	-.0059	-.0084	-.0066	-.0137					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-6.7438	-8.2414	-12.6700	-13.5419	-14.7833	-13.8079	-7.3448					
EIII1	67.8000	37.4367	38.9567	38.9306	38.9449	38.9275	38.9352	38.9560	38.9802	39.0275					
EIII2	68.1000	35.8455	37.5467	37.5120	37.5264	37.5088	37.5163	37.5366	37.5601	37.6248					
EIII3	68.2000	35.5122	37.2002	37.1639	37.1774	37.1595	37.1661	37.1849	37.2080	37.2507					
Média	68.0333	36.2648	37.9012	37.8688	37.8829	37.8653	37.8725	37.8925	37.9161	37.9677					
delta m		1.6364	.0000	-.0324	-.0183	-.0359	-.0287	-.0087	.0149	.0665					
delta p		240.5292	0.0000	-.0324	.0141	-.0176	.0073	.0200	.0236	.0516					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-4.7575	-2.6899	-5.2817	-4.2136	-1.2788	2.1901	9.7697					

Tabela 2 - Vapores ácidos - Pedra Euville - pag. 1.8

Amostra	superf. (cm <sup>2</sup> )	massa inicial	0	1	2	3	5	10	15	20
Leviscrgj Mat										
E1	71.3000	44.9652	45.6047	45.6020	45.6177	45.5992	45.6055	45.6206	45.6287	45.6461
E2	60.5000	48.6342	49.3801	49.3768	49.3905	49.3717	49.3767	49.3876	49.3930	49.4060
E3	60.2000	32.2175	32.9605	32.9581	32.9744	32.9575	32.9619	32.9713	32.9696	32.9810
Media	64.0000	41.9390	42.6484	42.6456	42.6609	42.6428	42.6480	42.6598	42.6638	42.6777
Delta m		.7095	.0000	-.0028	.0124	-.0056	-.0004	.0114	.0153	.0293
Delta p		110.8542	0.0000	-.0028	.0152	-.0181	.0052	.0118	.0039	.0139
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-.4375	1.9427	-.8802	-.0625	1.7812	2.3958	4.5729
Leviscrgj										
EL1	61.1000	31.2989	31.2940	31.3075	31.2840	31.2829	31.2830	31.2843	31.2919	
EL2	59.6000	31.5871	31.5822	31.5958	31.5761	31.5717	31.5724	31.5754	31.5825	
EL3	61.6000	35.2436	35.2397	35.2553	35.2353	35.2342	35.2354	35.2390	35.2487	
Media	60.7667	32.7099	32.7053	32.7195	32.6985	32.6963	32.6969	32.6996	32.7077	
Delta m		ERR	-.0046	.0097	-.0114	-.0136	-.0129	-.0103	-.0022	
Delta p		ERR	-.0046	.0142	-.0211	-.0022	.0007	.0026	.0081	
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			-.7515	1.5908	-1.8760	-2.2381	-2.1284	-1.6950	-.3566	

Tabela 2 - Vapores ácidos - Pedra Euville - pag. 1.9

Amostra Ref.	superf. (cm <sup>2</sup> )	massa inicial	Ciclos de oito horas												
			0	1	2	3	4	5	10	15	20				
ER1	63.7500	40.4246	34.7712	34.7890	34.8254	34.8283	34.8698	34.9522	35.0707	35.2046					
ER2	58.7456	25.2527	31.8209	31.8610	31.8932	31.8990	31.9389	32.0309	32.1276	32.2336					
ER3	66.4520	34.8490	40.9784	41.0226	41.0672	41.0740	41.1142	41.1926	41.2764	41.3803					
media	62.9825	33.5088	35.8568	35.8909	35.9286	35.9338	35.9743	36.0586	36.1582	36.2728					
delta p		1.3649	.0000	.0340	.0718	.0769	.1175	.2017	.3014	.4160					
delta p		204.6277	0.0000	.0340	.0377	.0052	.0405	.0843	.0997	.1146					
corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	5.4036	11.3947	12.2150	18.6507	32.0300	47.8545	66.0501					
EK1	69.2000	39.1079	39.9598	40.0130	40.0494	40.0703	40.1249	40.2917	40.4717	40.6119					
EK2	69.5000	37.7545	38.6638	38.7254	38.7635	38.7830	38.8453	38.9951	39.1751	39.3222					
EK3	69.3000	35.6801	36.4685	36.5247	36.5638	36.5872	36.6400	36.8038	36.9694	37.0970					
media	69.3333	37.5142	38.3640	38.4210	38.4589	38.4802	38.5367	38.6969	38.8721	39.0104					
delta p		.8499	.0000	.0570	.0949	.1161	.1727	.3328	.5080	.6463					
delta p		122.5769	0.0000	.0570	.0379	.0213	.0566	.1601	.1752	.1383					
corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	8.2212	13.6827	16.7500	24.9087	48.0048	73.2740	93.2212					
EM1	68.6000	40.4246	41.8721	41.9128	41.9527	41.9498	41.9858	42.0649	42.1263	42.1899					
EM2	62.6000	25.2527	26.4680	26.4968	26.5389	26.5401	26.5667	26.6460	26.7115	26.7735					
EM3	68.9000	34.8490	36.2808	36.3156	36.3624	36.3648	36.3973	36.4835	36.5508	36.6179					
media	66.7000	33.5088	34.8736	34.9084	34.9513	34.9516	34.9833	35.0648	35.1295	35.1938					
delta m		1.3649	.0000	.0348	.0777	.0779	.1096	.1912	.2559	.3201					
delta p		204.6277	0.0000	.0348	.0429	.0002	.0317	.0815	.0647	.0642					
corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	5.2124	11.6492	11.6842	16.4368	28.6607	38.3658	47.9960					

Tabela 2 - Vapores ácidos - Pedra Euville - pag. I.10

Amostra	superf. (cm <sup>2</sup> )	massa inicial	Ciclos de oito horas									
			0	1	2	3	5	10	15	20		
EU1	66.2000	32.1225	33.7278	33.7295	33.7506	33.7407	33.7736	33.8575	33.9645	34.1244		
EU2	63.1000	32.3163	33.7243	33.7285	33.7531	33.7493	33.7927	33.8871	33.9978	34.1715		
EU3	64.4000	36.6578	37.9413	37.9433	37.9697	37.9616	38.0045	38.1026	38.2190	38.3907		
media	64.5667	33.6989	35.1311	35.1338	35.1578	35.1505	35.1903	35.2824	35.3938	35.5622		
delta m		1.4323	.0000	.0026	.0267	.0194	.0591	.1513	.2626	.4311		
delta p		221.8276	0.0000	.0026	.0240	-.0073	.0397	.0921	.1114	.1684		
corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	.4078	4.1301	3.0046	9.1585	23.4280	40.6763	66.7630		
Herbol I												
EI1	67.0000	32.7979	34.9722	34.9409	34.9460	34.9177	34.9128	34.9052	34.8993	34.9018		
EI2	63.7000	28.4799	30.5719	30.5391	30.5440	30.5195	30.5187	30.5240	30.5226	30.5389		
EI3	67.2000	33.1104	35.5107	35.4763	35.4762	35.4460	35.4393	35.4318	35.4233	35.4298		
Media	65.9667	31.4627	33.6849	33.6521	33.6554	33.6277	33.6236	33.6203	33.6151	33.6235		
Delta m		2.2222	.0000	-.0328	-.0295	-.0572	-.0613	-.0646	-.0699	-.0614		
Delta p		336.8671	0.0000	-.0328	.0033	-.0277	-.0041	-.0033	-.0053	.0084		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-4.9773	-4.4770	-8.6710	-9.2976	-9.7928	-10.5912	-9.3128		
EL1	66.5000	37.7202	38.6958	38.6963	38.7273	38.7290	38.7647	38.8382	38.9211	39.0391		
EL2	68.5000	36.6097	37.6362	37.6354	37.6690	37.6720	37.7082	37.7818	37.8698	37.8816		
EL3	67.2000	28.9374	30.0437	30.0391	30.0697	30.0735	30.1098	30.1889	30.2861	30.4033		
media	67.4000	34.4224	35.4586	35.4569	35.4887	35.4915	35.5276	35.6030	35.6923	35.7747		
delta m		1.0361	.0000	-.0016	.0301	.0329	.0690	.1444	.2338	.3161		
delta p		153.7290	0.0000	-.0016	.0317	.0028	.0361	.0754	.0894	.0823		
corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-.2423	4.4659	4.8863	10.2374	21.4243	34.6835	46.8991		

Tabela 3 - Vapores ácidos - Pedra Balçagem - pag. I.11

Amostra	Superf. (cm <sup>2</sup> )	Massa(g) inicial	Ciclos de oito horas																	
			0	1	2	3	5	10	15	20										
Z.M. Verf																				
BZ1	63.2000	31.2152	31.0165	31.0429	31.0786	31.0885	31.1560	31.1930	31.2384	31.2894										
BZ2	63.0000	31.3418	32.1756	32.2088	32.2376	32.2498	32.2133	32.3448	32.3943	32.4612										
BZ3	64.9000	23.0466	23.7831	23.8182	23.8440	23.8560	23.9044	23.9346	23.9736	24.0245										
Média	63.7000	28.5345	28.9917	29.0233	29.0534	29.0648	29.0912	29.1575	29.2021	29.2584										
Delta m		.4572	.0000	.0316	.0617	.0730	.0995	.1657	.2104	.2666										
Delta p		71.7739	0.0000	.0316	.0301	.0114	.0265	.0662	.0446	.0563										
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	4.9555	9.6808	11.4652	15.6201	26.0178	33.0246	41.8577										
A.Z. Verf																				
BA4	60.1000	30.3743	30.9765	30.9866	30.9989	31.0156	31.0954	31.1533	31.2015	31.2619										
BA5	64.8000	28.5881	29.1099	29.1206	29.1340	29.1498	29.2256	29.2783	29.3161	29.3717										
BA6	64.9000	31.0062	31.5954	31.6049	31.6178	31.6344	31.7193	31.7731	31.8115	31.8728										
Média	63.2667	29.9895	30.5606	30.5707	30.5836	30.5999	30.6801	30.7349	30.7764	30.8355										
Delta m		.5711	.0000	.0101	.0230	.0393	.1195	.1743	.2158	.2749										
Delta p		90.2634	0.0000	.0101	.0129	.0164	.0802	.0548	.0415	.0591										
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	1.5964	3.6301	6.2171	18.8883	27.5501	34.1043	43.4457										
Beckosil																				
BB1	61.5000	26.3188	26.6681	26.6635	26.6724	26.6656	26.6968	26.6951	26.7084	26.7451										
BB2	63.6000	31.6595	32.0113	32.0034	32.0125	32.0017	32.0372	32.0351	32.0518	32.0923										
BB3	62.3000	28.0805	28.4358	28.4368	28.4497	28.4447	28.4817	28.4868	28.5080	28.5445										
Média	62.4667	28.6863	29.0384	29.0346	29.0449	29.0373	29.0719	29.0723	29.0894	29.1273										
Delta m		.3521	.0000	-.0038	.0065	-.0011	.0335	.0339	.0510	.0889										
Delta p		56.3714	0.0000	-.0038	.0103	-.0075	.0346	.0004	.0171	.0379										
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-.6137	1.0352	-.1708	5.3629	5.4322	8.1644	14.2316										



Tabela 3 - Vapores ácidos - Pedra Balagem - pag. 1.12

Amostra	Superf. (cm <sup>2</sup> )	Massa(g) inicial	Ciclos de oito horas											
			0	1	2	3	5	10	15	20				
Funcosil d														
BF1	66.7000	30.8925	33.0298	33.0377	33.0875	33.1190	33.2467	33.3066	33.3983	33.4938				
BF2	62.6000	27.6335	29.4830	29.4864	29.5292	29.5581	29.6722	29.7204	29.8011	29.8884				
BF3	63.7000	30.9171	33.1229	33.1161	33.1561	33.1755	33.3174	33.4036	33.5168	33.6268				
Media	64.3333	29.8144	31.8786	31.8801	31.9243	31.9509	32.0788	32.1435	32.2387	32.3363				
Delta m		2.0642	.0000	.0015	.0457	.0723	.2002	.2650	.3602	.4578				
Delta p		320.8601	0.0000	.0015	.0442	.0266	.1279	.0648	.0952	.0976				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	.2332	7.1036	11.2383	31.1192	41.1865	55.9845	71.1554				
Herbol II														
BI11	69.8000	43.6888	46.3539	46.2826	46.2676	46.2603	46.2683	46.2605	46.2795	46.3568				
BI12	68.8000	40.9075	43.8256	43.7543	43.7365	43.7250	43.7335	43.7157	43.7283	43.7880				
BI13	73.1000	44.3850	47.3811	47.3018	47.2819	47.2706	47.2776	47.2573	47.2669	47.3305				
Media	70.5667	42.9938	45.8535	45.7796	45.7620	45.7520	45.7598	45.7445	45.7582	45.8251				
Delta m		2.8598	.0000	-.0740	-.0915	-.1016	-.0937	-.1090	-.0953	-.0284				
Delta p		405.2574	0.0000	-.0740	-.0176	-.0100	.0078	-.0153	.0137	.0669				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-10.4809	-12.9712	-14.3930	-13.2829	-15.4511	-13.5050	-4.0293				
BI11	65.1000	36.7279	37.7330	37.6970	37.6909	37.6823	37.6963	37.6780	37.6913	37.7354				
BI12	65.9000	38.3320	39.4826	39.4365	39.4282	39.4427	39.4427	39.4239	39.4382	39.4792				
BI13	64.6000	35.4013	36.5346	36.4969	36.4906	36.4825	36.4943	36.4757	36.4891	36.5293				
media	65.2000	36.8204	37.9167	37.8768	37.8699	37.8692	37.8778	37.8592	37.8729	37.9146				
delta m		1.0963	.0000	-.0399	-.0468	-.0476	-.0280	-.0575	-.0439	-.0021				
delta p		168.1483	0.0000	-.0399	-.0469	-.0407	.0084	-.0186	.0137	.0418				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-6.1247	-7.1830	-7.2955	-5.9765	-8.8241	-6.7270	-.3221				

Tabela 3 - Vapores ácidos - Pedra Belegem - pag. I.13

Amostra	Superf. (cm <sup>2</sup> )	Massa(g) inicial	Ciclos de oito horas												
			0	1	2	3	5	10	15	20					
Leviscryl Mat															
B1	64.4000	36.3915	37.0061	36.9878	36.9813	36.9651	36.9835	36.9512	36.9575	36.9790					
B2	66.0000	39.3356	39.9643	39.9452	39.9407	39.9272	39.9464	39.9207	39.9409	39.9835					
B3	63.8000	36.6085	37.1460	37.1298	37.1211	37.1111	37.1270	37.0996	37.1079	37.1382					
Média	64.7333	37.4452	38.0388	38.0209	38.0144	38.0011	38.0190	37.9905	38.0021	38.0336					
Delta m		.5936	.0000	-.0179	-.0244	-.0377	-.0198	-.0483	-.0367	-.0052					
Delta p		91.6993	0.0000	-.0179	-.0066	-.0132	.0178	-.0285	.0116	.0315					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-2.7600	-3.7745	-5.8187	-3.0639	-7.4614	-5.6694	-.8084					
Leviscryl															
BL1	61.6000		22.8999	22.8893	22.8852	22.8804	22.8837	22.8710	22.8831	22.9147					
BL2	68.9000		42.2289	42.2090	42.1977	42.1870	42.2027	42.1686	42.1786	42.2160					
BL3	67.6000		44.6881	44.6691	44.6545	44.6452	44.6606	44.6272	44.6263	44.6661					
Média	66.0333		36.6056	36.5891	36.5791	36.5709	36.5823	36.5556	36.5627	36.5989					
Delta m			.0000	-.0165	-.0265	-.0348	-.0233	-.0500	-.0430	-.0067					
Delta p			0.0000	-.0165	-.0100	-.0083	.0115	-.0267	.0071	.0363					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-2.4987	-4.0131	-5.2650	-3.5285	-7.5770	-6.5068	-1.0146					

Tabela 3 - Vapores ácidos - Pedra Balegem - pag. I.14

Amostra Ref.	Superf. (cm <sup>2</sup> )	Massa(g) Inicial	Ciclos de oito horas											
			0	1	2	3	5	10	15	20				
BR1	67.3600	37.0641	37.0813	37.1025	37.0986	37.1625	37.2321	37.3527	37.5019	37.7025	37.8453	37.9200	38.0000	38.0800
BR2	68.7348	37.4146	37.4223	37.4377	37.4196	37.4750	37.5112	37.6113	37.7025	37.7937	37.8849	37.9761	38.0673	38.1585
BR3	68.1444	37.9801	37.9935	38.0071	37.9834	38.0351	38.0658	38.1573	38.2485	38.3400	38.4315	38.5230	38.6145	38.7060
media	68.0797	37.4863	37.4990	37.5158	37.5005	37.5575	37.6030	37.7071	37.8012	37.8953	37.9894	38.0835	38.1776	38.2717
delta m		.0000	.0128	.0295	.0143	.0713	.1168	.2208	.3249	.4290	.5331	.6372	.7413	.8454
delta p		0.0000	.0128	.0167	-.0152	.0570	.0455	.1041	.0926	.0811	.0696	.0581	.0466	.0351
corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	1.8753	4.3332	2.0956	10.4681	17.1515	32.4375	47.0056	61.6944	76.3832	91.0720	105.7608	120.4496
BK1	62.2000	30.2853	30.8876	30.9123	30.9321	30.9291	31.0015	31.0765	31.1613	31.2461	31.3309	31.4157	31.5005	31.5853
BK2	63.9000	31.2923	31.8571	31.8829	31.9062	31.9153	31.9786	32.0452	32.1132	32.1812	32.2492	32.3172	32.3852	32.4532
BK3	63.7000	30.5059	31.1217	31.1533	31.1776	31.1954	31.2668	31.3218	31.3669	31.4120	31.4571	31.5022	31.5473	31.5924
media	63.2667	30.6945	31.2888	31.3162	31.3386	31.3466	31.4156	31.4812	31.5456	31.6100	31.6744	31.7388	31.8032	31.8676
delta m		.5943	.0000	.0274	.0498	.0578	.1268	.1924	.2568	.3212	.3856	.4500	.5144	.5788
delta p		93.9357	0.0000	.0274	.0225	.0080	.0690	.0655	.0644	.0633	.0622	.0611	.0600	.0589
corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	4.3256	7.8767	9.1359	20.0474	30.4057	40.5848	51.9283	63.2718	74.6153	85.9588	97.3023	108.6458
BM1	64.3000	37.2495	38.0048	38.0139	38.0280	38.0297	38.0674	38.0947	38.1303	38.1659	38.2015	38.2371	38.2727	38.3083
BM2	63.9000	39.6799	40.3370	40.3369	40.3460	40.3492	40.3836	40.3995	40.4296	40.4597	40.4898	40.5199	40.5500	40.5801
BM3	63.0000	35.2183	36.1037	36.1175	36.1312	36.1383	36.1771	36.2178	36.2655	36.3132	36.3609	36.4086	36.4563	36.5040
media	63.7333	37.3826	38.1485	38.1561	38.1684	38.1724	38.2094	38.2373	38.2751	38.3030	38.3408	38.3786	38.4164	38.4542
delta m		.7659	.0000	.0076	.0199	.0239	.0609	.0888	.1266	.1644	.2022	.2400	.2778	.3156
delta p		120.1778	0.0000	.0076	.0123	.0040	.0370	.0280	.0378	.0476	.0574	.0672	.0770	.0868
corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	1.1925	3.1224	3.7500	9.5502	13.9383	19.8692	29.3149	38.7606	48.2063	57.6520	67.0977	76.5434

CENTRAL 20

Tabela 3 - Vapores ácidos - Pedra Balagem - pag. I.15

Amostra	Superf. (cm <sup>2</sup> )	Massa(g) Inicial	Ciclos de oito horas															
			0	1	2	3	5	10	15	20								
BW1	64.4000	30.1595	31.1100	31.0947	31.0938	31.0674	31.1109	31.1428	31.2240	31.3078								
BW2	65.2000	30.8370	31.7769	31.7625	31.7610	31.7402	31.7868	31.8223	31.8991	32.0166								
BW3	64.5000	26.4345	27.3822	27.3683	27.3668	27.3444	27.3909	27.4298	27.5114	27.6058								
media	64.7000	29.1437	30.0897	30.0752	30.0739	30.0507	30.0962	30.1316	30.2115	30.3101								
delta m		.9460	.0000	-.0145	-.0158	-.0390	.0065	.0419	.1218	.2204								
delta p		146.2184	0.0000	-.0145	-.0013	-.0232	.0455	.0354	.0799	.0986								
corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-2.2463	-2.4472	-6.0330	1.0046	6.4812	18.8253	34.0598								
Herbol I																		
BI1	66.6000	41.3700	42.8591	42.8026	42.7889	42.7760	42.7825	42.7632	42.7430	42.7693								
BI2	68.9000	43.1462	44.5943	44.5364	44.5150	44.5103	44.5157	44.4976	44.4754	44.5038								
BI3	66.8000	39.3683	40.8143	40.7602	40.7432	40.7367	40.7421	40.7249	40.7073	40.7301								
Media	67.4333	41.2948	42.7559	42.6997	42.6824	42.6743	42.6801	42.6619	42.6419	42.6677								
Delta m		1.4611	.0000	-.0562	-.0735	-.0816	-.0758	-.0940	-.1140	-.0882								
Delta p		216.6683	0.0000	-.0562	-.0174	-.0080	.0058	-.0182	-.0200	.0258								
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-8.3292	-10.9046	-12.0959	-11.2407	-13.9397	-16.9056	-13.0746								
BL1	65.7000	38.8010	39.5532	39.5479	39.5618	39.5455	39.5983	39.6292	39.7053	39.8339								
BL2	66.9000	41.3930	42.0918	42.0827	42.0918	42.0918	42.1257	42.1455	42.2098	42.3523								
BL3	66.9000	41.3930	42.0918	42.0827	42.0918	42.0918	42.1257	42.1455	42.2098	42.3523								
media	66.5000	40.5290	41.2456	41.2378	41.2485	41.2430	41.2832	41.3067	41.3750	41.5128								
delta m		.7166	.0000	-.0078	.0029	-.0026	.0376	.0611	.1294	.2672								
delta p		107.7594	0.0000	-.0078	.0107	-.0054	.0402	.0235	.0682	.1379								
corr. p/ g/m <sup>2</sup>			.0000	-1.1779	.4311	-.3860	5.6591	9.1930	19.4536	40.1855								

Tabela 4 - Vapores ácidos - Pedras Tufofeu e Balegem

	Tufofeu			Balegem		
	dy/dx	Coeffic. correl.	Intervalo	dy/dx	Coeffic. correl.	Intervalo
Ref.	23.0	.9973	0--20	2.2	.9919	0--20
Keim	21.4	.9991	3--20	2.5	.9919	0--20
Beecksche	8.4	.9980	0--20	1.4	.9939	0--20
Wakopraverf	5.8	.9876	0--20	2.2	.9908	5--20
Herbol I	0.0			0.0		0--20
Funcozil 1a	2.7	.9807	0--20	2.0	.9593	1--20
Z.M. Verf	11.8	.9991	0--20	1.7	.9984	2--20
A.Z. Verf	10.3	.9938	0--20	1.6	.9980	5--20
Beckosil	8.3	.9977	0--20	.7	.9662	0--20
Funcozil d	18.0	.9670	0--20	2.7	.9959	5--20
Herbol II	.8	.9456	10--20	1.9	.9078	10--20
Herbol	.7	.9616	3--20	.9	.9588	10--20
Leviscrgi mat	.5	.9765	3--20	.6	.9852	10--20
Leviscrgi	.8	.9444	3--20	.7	.9320	10--20



Ref.	dy/dx	Coefic.	
		Euville	euville
		correl.	Intervalo
3.4	.9972	0--20	
4.6	.9989	0--20	
2.1	.9987	2--20	
3.3	.9851	0--20	
0.0		0--20	
2.4	.9985	0--20	
Z.M. Verf	3.6	.9968	2--20
A.Z. Verf	2.6	.9842	0--20
Beckosil	1.7	.9932	2--20
Funcosil d	4.2	.9870	2--20
Herbol II	2.2	.8849	10--20
Herbol	.9	.9720	5--20
Leviscrgl mat	.3	.9808	5--20
Leviscrgl	.2	.9592	10--20

**Apêndice II - Dados relativos ao teste de exposição à neblina  
ácida**

Tabela 5 - Nebulina ácida - Pedra Tufteau - pag. II.19

Amostra Z.M. Verf	Superf. cm <sup>2</sup>	Ciclos de 100 horas								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
TZ4	58.8	19.3839	19.0316	18.9857	18.9546	18.9263	18.8932	18.8657	18.8201	18.7801
TZ5	61.2	18.5904	18.2684	18.2267	18.1920	18.1738	18.1348	18.0558	18.0142	17.9688
TZ6	60.2	17.0383	16.7148	16.6568	16.6167	16.5843	16.5462	16.5111	16.4673	16.4265
Média(g)	60.1	18.3375	18.0049	17.9564	17.9211	17.8948	17.8581	17.8109	17.7672	17.7251
Delta m1		.0000	.3326	.3811	.4164	.4427	.4795	.5267	.5703	.6124
Delta m2(g)		0.0000	.3326	.0485	.0353	.0263	.0367	.0472	.0437	.0421
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	55.3718	63.4517	69.3285	73.7070	79.8224	87.6804	94.9501	101.9534
A.Z. Verf										
TA4	57.7	12.7190	12.5264	12.4927	12.4703	12.4457	12.4238	12.4069	12.3755	12.3485
TA5	62.2	17.1418	16.9430	16.9120	16.8833	16.8716	16.8526	16.8050	16.7717	16.7361
TA6	60.4	14.1221	13.9500	13.9262	13.9056	13.8845	13.8630	13.8321	13.8025	13.7695
Média(g)	60.1	14.6610	14.4731	14.4436	14.4197	14.4006	14.3798	14.3480	14.3166	14.2847
Delta m1		.0000	.1878	.2173	.2412	.2604	.2812	.3130	.3444	.3763
Delta m2(g)		0.0000	.1878	.0295	.0239	.0191	.0208	.0318	.0314	.0319
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	31.2535	36.1620	40.1387	43.3222	46.7831	52.0743	57.3045	62.6068
Beckosil										
TB4	59.8	16.7851	16.4115	16.3793	16.3441	16.3327	16.2997	16.2191	16.1822	16.1503
TB5	61.7	17.2354	16.7868	16.8393	16.7995	16.7811	16.7460	16.7188	16.6764	16.6390
TB6	61.5	17.1273	16.7817	16.7392	16.7143	16.6796	16.6453	16.6119	16.5655	16.5346
Média(g)	61.0	17.0493	16.6600	16.6526	16.6193	16.5978	16.5637	16.5166	16.4747	16.4413
Delta m1		.0000	.3893	.3967	.4300	.4515	.4856	.5327	.5746	.6080
Delta m2(g)		0.0000	.3893	.0074	.0333	.0215	.0341	.0471	.0419	.0334
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	63.8142	65.0273	70.4863	74.0109	79.6066	87.3224	94.1913	99.6667

Tabela 5 - Nebulina ácida - Pedra Tufoeau - pag. II.20

Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	Ciclos de 100 horas										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8		
Funcosil d												
TFA	59.2	16.9731	16.7841	16.7599	16.7307	16.7176	16.6878	16.6534	16.6168	16.5711		
TF5	60.8	19.6549	19.4425	19.4188	19.3976	19.3769	19.3481	19.3201	19.2859	19.2596		
TF6	61.5	19.0161	18.7960	18.7714	18.7328	18.7178	18.6609	18.5940	18.5170	18.4656		
Média(g)	60.5	18.5480	18.3409	18.3167	18.2870	18.2708	18.2323	18.1892	18.1399	18.0988		
Delta m1		.0000	.2072	.2313	.2610	.2773	.3158	.3589	.4081	.4493		
Delta m2(g)		0.0000	.2072	.0242	.0242	.0297	.0385	.0431	.0493	.0411		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	34.2424	38.2369	43.1405	45.8292	52.1928	59.3168	67.4601	74.2590		
Herbol II												
TI15	57.3	19.0572	18.9255	18.9003	18.8754	18.8668	18.8614	18.8396	18.8105	18.7881		
TI16	64.5	14.5851	14.4606	14.4327	14.4157	14.4066	14.4080	14.4000	14.3771	14.3700		
Média(g)	60.9	16.8211	16.6930	16.6665	16.6456	16.6367	16.6347	16.6198	16.5938	16.5790		
Delta m1		.0000	.1281	.1546	.1756	.1844	.1865	.2013	.2273	.2421		
Delta m2(g)		0.0000	.1281	.0265	.0210	.0088	.0020	.0149	.0260	.0148		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	21.0345	25.3941	28.8342	30.2874	30.6158	33.0624	37.3317	39.7537		
Herbol I												
TI14	64.3	22.5936	22.4919	22.4712	22.4653	22.4618	22.4570	22.4300	22.3594	22.3603		
TI15	64.6	22.8269	22.7034	22.6844	22.6745	22.6722	22.6703	22.6402	22.6302	22.6312		
TI16	61.7	19.6739	19.5600	19.5425	19.5294	19.5246	19.5207	19.5193	19.5805	19.5044		
Média(g)	63.5	21.6981	21.5851	21.5660	21.5564	21.5529	21.5493	21.5298	21.5234	21.4986		
Delta m1		.0000	.1130	.1321	.1417	.1453	.1488	.1683	.1748	.1995		
Delta m2(g)		0.0000	.1130	.0191	.0096	.0035	.0035	.0195	.0065	.0247		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	17.7949	20.7966	22.3132	22.8694	23.4257	26.4956	27.5136	31.4074		

Amostra Leviscryl mat	Superf. cm <sup>2</sup>	Ciclos de 100 horas								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
T4	60.0	17.0126	16.9746	16.9612	16.9440	16.9335	16.9132	16.9031	16.8894	16.8669
T5	59.4	15.3509	15.3176	15.3060	15.2857	15.2708	15.2488	15.2347	15.2114	15.1940
T6	57.1	17.3525	17.3223	17.3010	17.2842	17.2623	17.2392	17.2230	17.2070	17.1919
Media(g)	58.8	16.5720	16.5382	16.5227	16.5046	16.4889	16.4671	16.4536	16.4359	16.4176
Delta m1		.0000	.0338	.0493	.0674	.0831	.1049	.1184	.1361	.1544
Delta m2(g)		0.0000	.0338	.0154	.0181	.0158	.0218	.0135	.0177	.0183
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	5.7507	8.3739	11.4504	14.1303	17.8357	20.1246	23.1275	26.2436
Leviscryl										
TL4	63.0	17.7701	17.6956	17.6826	17.6468	17.6270	17.6108	17.5952	17.5591	17.5425
TL5	61.8	17.3749	17.3050	17.2889	17.2556	17.2341	17.2142	17.1934	17.1730	17.1416
TL6	61.8	17.5465	17.4981	17.4760	17.4277	17.4050	17.3836	17.3659	17.3393	17.3063
Media(g)	62.2	17.5638	17.4996	17.4825	17.4434	17.4220	17.4029	17.3848	17.3571	17.3301
Delta m1		.0000	.0643	.0813	.1205	.1418	.1610	.1790	.2067	.2337
Delta m2(g)		0.0000	.0643	.0171	.0391	.0213	.0192	.0180	.0277	.0270
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	10.3339	13.0761	19.3676	22.7974	25.8789	28.7781	33.2315	37.5723



Tabela 5 - Nebilina ácida - Pedra Tufofeu - pag. II.22

Amostra Ref.	Superf. cm <sup>2</sup>	Ciclos de 100 horas								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
TR4	56.4	15.8900	15.8518	15.8294	15.8254	15.8233	15.8125	15.7914	15.7815	15.7628
TR5	56.0	17.5425	17.5110	17.4900	17.4821	17.4809	17.4732	17.4628	17.4516	17.4389
TR6	57.5	15.2341	15.2060	15.1922	15.1851	15.1868	15.1762	15.1711	15.1517	15.1388
Média(g)	56.6	16.2222	16.1896	16.1705	16.1642	16.1637	16.1540	16.1418	16.1283	16.1135
Delta m1		.0000	.0326	.0517	.0580	.0585	.0682	.0804	.0939	.1087
Delta m2(g)		0.0000	.0326	.0191	.0063	.0005	.0097	.0122	.0135	.0148
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	5.7563	9.1230	10.2413	10.3355	12.0483	14.2025	16.5862	19.1936
Keim										
TK4	58.8	16.1586	16.0517	16.0345	16.0286	16.0305	16.0247	16.0185	16.0096	16.0072
TK5	60.0	15.8762	15.7728	15.7542	15.7471	15.7465	15.7414	15.7358	15.7192	15.7082
TK6	57.8	16.2793	16.1783	16.1664	16.1586	16.1527	16.1396	16.1306	16.1186	16.1114
Média(g)	58.9	16.1047	16.0009	15.9850	15.9781	15.9766	15.9686	15.9616	15.9491	15.9423
Delta m1		.0000	.1038	.1197	.1266	.1281	.1361	.1431	.1556	.1624
Delta m2(g)		0.0000	.1038	.0159	.0069	.0015	.0080	.0069	.0125	.0069
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	17.6274	20.3284	21.5062	21.7667	23.1257	24.3035	26.4270	27.5934
Beecksche										
TM4	60.7	18.7961	18.3199	18.2727	18.2560	18.2497	18.2300	18.2210	18.2098	18.2001
TM5	63.0	21.0249	20.5605	20.5218	20.4818	20.4773	20.4530	20.4401	20.4215	20.4041
TM6	62.1	20.8970	20.4637	20.4275	20.4042	20.3784	20.3264	20.3037	20.2854	20.2536
Média(g)	61.9	20.2393	19.7814	19.7407	19.7140	19.7018	19.6698	19.6549	19.6389	19.6193
Delta m1		.0000	.4580	.4987	.5253	.5375	.5695	.5844	.6004	.6201
Delta m2(g)		0.0000	.4580	.0407	.0267	.0122	.0320	.0149	.0160	.0196
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	73.9451	80.5167	84.8224	86.7922	91.9591	94.3595	96.9483	100.1184

	Ciclos de 100 horas									
	Superf. cm2	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Amostra										
Wakopraverf										
TW4	58.8	17.7202	17.7033	17.6834	17.6558	17.6456	17.6272	17.6113	17.5721	17.5516
TW5	61.2	19.2167	19.2011	19.1853	19.1545	19.1347	19.1139	19.0976	19.0631	19.0356
TW6	60.2	20.6764	20.6658	20.6440	20.6125	20.5934	20.5706	20.5530	20.5131	20.4868
Média(g)	60.1	19.2044	19.1901	19.1709	19.1409	19.1246	19.1039	19.0873	19.0494	19.0247
Delta m1		.0000	.0144	.0335	.0635	.0799	.1005	.1171	.1550	.1798
Delta m2(g)		0.0000	.0144	.0192	.0300	.0364	.0207	.0166	.0379	.0248
Corr. p/ g/m2		.0000	2.3918	5.5827	10.5716	13.2963	16.7370	19.5006	25.8047	29.9279
Herbol I										
T14	63.2	24.1915	24.0755	24.0584	24.0425	24.0332	24.0279	24.0242	24.0090	24.0082
T15	66.2	20.0849	19.9687	19.9552	19.9448	19.9422	19.9386	19.9357	19.9241	19.9242
T16	68.1	23.0133	22.8895	22.8766	22.8743	22.8504	22.7869	22.8592	22.8376	22.8301
Média(g)	65.8	22.4299	22.3112	22.2967	22.2872	22.2753	22.2511	22.2730	22.2569	22.2542
Delta m1		.0000	.1187	.1332	.1427	.1546	.1788	.1569	.1730	.1757
Delta m2(g)		0.0000	.1187	.0145	.0095	.0119	.0241	-.0219	.0161	.0027
Corr. p/ g/m2		.0000	18.0253	20.2278	21.6759	23.4886	27.1544	23.8329	26.2785	26.6937
Funcosil 1a										
TL4	65.4	24.8409	24.7826	24.7616	24.7068	24.7807	24.6791	24.6374	24.5854	24.5516
TL5	65.1	21.2811	21.2131	21.1747	21.0849	21.0589	21.0305	21.0030	20.9718	20.9488
Média(g)	65.3	23.0610	22.9973	22.9682	22.8958	22.9198	22.8548	22.8202	22.7786	22.7502
Delta m1		.0000	.0632	.0928	.1652	.1412	.2062	.2408	.2824	.3108
Delta m2(g)		0.0000	.0632	.0297	.0723	-.0239	.0650	.0346	.0416	.0284
Corr. p/ g/m2		.0000	9.6782	14.2299	25.3103	21.6398	31.6015	36.9042	43.2797	47.6322

Tabela 6 - Nebilina ácida - Pedra Euville - pag. II.24

Z.M. Verff	Superf. cm2	Euville - Ciclos de 100 h								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
EZ4	65.7000	35.6817	35.4840	35.4554	35.4193	35.3836	35.3410	35.3025	35.2596	35.2056
EZ5	64.7000	34.8687	34.7142	34.6923	34.6569	34.6222	34.5888	34.5517	34.5041	34.4626
EZ6	66.6000	33.4911	33.3172	33.0956	33.0544	33.0033	32.9596	32.9044	32.8454	32.7803
Media(g)	65.6667	34.6805	34.5051	34.4144	34.3769	34.3364	34.2965	34.2529	34.2030	34.1495
Delta m1		.0000	.1754	.2661	.3036	.3441	.3840	.4276	.4775	.5310
Delta m2(g)		0.0000	.1754	.0907	.0376	.0405	.0399	.0436	.0498	.0535
Corr. p/ g/m2		.0000	26.7056	40.5178	46.2386	52.4061	58.4822	65.1218	72.7107	80.8629
A.Z. Verff										
EAA	65.2000	34.0406	33.9391	33.8650	33.8352	33.7981	33.7588	33.7214	33.6711	33.6227
EAS	59.3000	38.7719	38.6503	38.5998	38.5635	38.5301	38.4982	38.4609	38.4130	38.3732
EAG	64.0000	30.9979	30.8942	30.8942	30.8220	30.7943	30.7678	30.7313	30.6966	30.6535
Media(g)	62.8333	34.6035	34.4945	34.4530	34.4069	34.3742	34.3416	34.3045	34.2602	34.2165
Delta m1		.0000	.1089	.1505	.1966	.2293	.2619	.2989	.3432	.3870
Delta m2(g)		0.0000	.1089	.0415	.0461	.0327	.0326	.0371	.0443	.0438
Corr. p/ g/m2		.0000	17.3369	23.9469	31.2838	36.4934	41.6764	47.5756	54.6260	61.5915
Beckosil										
EB4	68.6000	38.2919	38.1892	38.1450	38.1145	38.0721	38.0439	37.9993	37.9523	37.9147
EB5	66.8000	39.3659	39.2651	39.2298	39.1913	39.1530	39.1210	39.0816	39.0326	38.9890
EB6	67.4000	33.5381	33.3934	33.3538	33.3184	33.2738	33.2418	33.2026	33.1540	33.0998
Media(g)	67.6000	37.0653	36.9492	36.9095	36.8747	36.8330	36.8022	36.7612	36.7130	36.6678
Delta m1		.0000	.1161	.1558	.1906	.2323	.2631	.3041	.3523	.3975
Delta m2(g)		0.0000	.1161	.0397	.0348	.0418	.0307	.0411	.0482	.0451
Corr. p/ g/m2		.0000	17.1696	23.0424	28.1903	34.3688	38.9152	44.9901	52.1203	58.7968

Funcosil d	Superf. cm <sup>2</sup>	Euville - Ciclos de 100 h								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
EF4	66.6000	38.2413	38.0743	38.0353	37.9958	37.9617	37.9258	37.8839	37.8314	37.7913
EF5	75.7000	42.1392	41.9560	41.9194	41.8701	41.8309	41.7875	41.7333	41.6713	41.6212
EF6	71.7000	42.5335	42.3429	42.2968	42.2521	42.2145	42.1724	42.1282	42.0740	42.0198
Média(g)	71.3333	40.9713	40.7911	40.7505	40.7060	40.6690	40.6286	40.5818	40.5256	40.4774
Delta m1		.0000	.1803	.2208	.2653	.3023	.3428	.3895	.4458	.4939
Delta m2(g)		0.0000	.1803	.0406	.0445	.0370	.0405	.0468	.0562	.0481
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	25.2710	30.9579	37.1963	42.3799	48.0514	54.6075	62.4907	69.2383
Herbol II										
EII4	66.3000	30.6580	30.5354	30.5038	30.4799	30.4774	30.4588	30.4580	30.4391	30.4360
EII5	69.6000	39.2931	39.1478	39.1219	39.1026	39.0948	39.0736	39.0748	39.0516	39.0486
EII6	65.2000	34.8031	34.6912	34.6653	34.6505	34.6470	34.6039	34.6066	34.5878	34.5863
Média(g)	67.0333	34.9181	34.7915	34.7637	34.7443	34.7397	34.7121	34.7131	34.6928	34.6903
Delta m1		.0000	.1266	.1544	.1737	.1783	.2060	.2049	.2252	.2278
Delta m2(g)		0.0000	.1266	.0278	.0193	.0046	.0276	-.0010	.0203	.0025
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	18.8861	23.0333	25.9175	26.6037	30.7260	30.5719	33.6002	33.9781
Herbol I										
EII4	60.0000	35.1869	35.1138	35.0868	35.0624	35.0545	35.0471	35.0353	35.0097	34.9981
EII5	60.3000	33.5761	33.5008	33.4741	33.4511	33.4439	33.4348	33.4228	33.3974	33.3856
EII6	59.7000	33.0420	32.9740	32.9553	32.9210	32.9109	32.9005	32.8857	32.8604	32.8472
Média(g)	60.0000	33.9350	33.8629	33.8387	33.8115	33.8031	33.7941	33.7813	33.7558	33.7436
Delta m1		.0000	.0721	.0963	.1235	.1319	.1409	.1537	.1792	.1914
Delta m2(g)		0.0000	.0721	.0241	.0272	.0084	.0090	.0129	.0254	.0122
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	12.0222	16.0444	20.5844	21.9833	23.4778	25.6222	29.8611	31.8944

Leviscrg1 mat	Euville - Ciclos de 100 h									
	Superf. cm2	0	1	2	3	4	5	6	7	8
E4	60.7000	32.6325	32.5697	32.6697	32.5410	32.5282	32.5161	32.4994	32.4780	32.4588
E5	59.5000	32.7833	32.7342	32.7178	32.6933	32.6784	32.6614	32.6420	32.6132	32.5871
E6	60.6000	34.0995	34.0560	33.9995	33.9722	33.9543	33.9380	33.9197	33.8867	33.8602
Média(g)	60.2667	33.1718	33.1200	33.1290	33.0688	33.0536	33.0385	33.0204	32.9926	32.9687
Delta m1		.0000	.0518	-.0428	.1029	.1181	.1333	.1514	.1791	.2031
Delta m2(g)		0.0000	.0518	-.0090	.0602	.0152	.0151	.0181	.0277	.0239
Corr. p/ g/m2		.0000	8.5951	7.0962	17.0796	19.6018	22.1128	25.1217	29.7235	33.6947
Leviscrg1										
EL4	59.2000	33.9946	33.9160	33.8855	33.8593	33.8451	33.8294	33.8126	33.7895	33.7723
EL5	59.6000	30.4911	30.4675	30.4372	30.4100	30.3950	30.3811	30.3664	30.3406	30.3272
EL6	64.1500	36.1647	36.1355	36.0948	36.0763	36.0556	36.0364	36.0160	35.9870	35.9724
Média(g)	60.9833	33.5501	33.5063	33.4725	33.4485	33.4319	33.4156	33.3983	33.3724	33.3573
Delta m1		.0000	.0438	.0776	.1016	.1182	.1345	.1518	.1778	.1928
Delta m2(g)		0.0000	.0438	.0338	.0240	.0166	.0163	.0173	.0260	.0151
Corr. p/ g/m2		.0000	7.1823	12.7303	16.6603	19.3878	22.0552	24.8920	29.1500	31.6207



Tabela 6 - Nebulina ácida - Pedra Euville - pag. II.27

Ref.	Superf. cm <sup>2</sup>		Euville - Ciclos de 100 h							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
ERA	66.9000	35.3294	35.2920	35.2652	35.2278	35.2123	35.1493	35.0459	35.0127	34.9858
ERS	57.9000	28.5761	28.4946	28.4578	28.4415	28.3993	28.3502	28.3362	28.3129	28.2793
ER6	58.3000	28.9652	28.9320	28.9021	28.8837	28.8685	28.7923	28.7731	28.7416	28.7156
Média(g)	61.0333	30.9569	30.9062	30.8750	30.8510	30.8267	30.7639	30.7184	30.6891	30.6602
Delta m1		-0.0000	-0.0507	-0.0819	-0.1059	-0.1302	-0.1930	-0.2385	-0.2678	-0.2967
Delta m2(g)		0.00000	-0.0507	-0.0312	-0.0240	-0.0243	-0.0628	-0.0455	-0.0293	-0.0288
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		-0.0000	8.3069	13.4140	17.3512	21.3326	31.6166	39.0770	43.8831	48.6073
Keim										
EKA	68.2000	39.0150	38.9493	38.9196	38.8993	38.8794	38.8648	38.8456	38.8115	38.7887
EKS	60.9000	28.7119	28.6572	28.6310	28.6120	28.5906	28.5731	28.5532	28.5248	28.4993
EK6	66.2000	36.0915	36.0250	36.0030	35.9834	35.9612	35.9443	35.9209	35.8899	35.8473
Média(g)	65.1000	34.6061	34.5438	34.5179	34.4982	34.4771	34.4607	34.4399	34.4087	34.3784
Delta m1		-0.0000	-0.0623	-0.0883	-0.1079	-0.1291	-0.1454	-0.1662	-0.1974	-0.2277
Delta m2(g)		0.00000	-0.0623	-0.0260	-0.0196	-0.0212	-0.0163	-0.0208	-0.0312	-0.0303
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		-0.0000	9.5699	13.5586	16.5745	19.8259	22.3349	25.5351	30.3226	34.9770
Becksche										
EM4	62.8600	29.0675	28.9120	28.8732	28.8431	28.8154	28.7899	28.7576	28.7225	28.6875
EM5	70.4000	36.2289	36.0329	36.0054	35.9679	35.9390	35.9074	35.8271	35.7749	35.7724
EM6	66.6000	41.8704	41.7100	41.6788	41.6350	41.6024	41.5656	41.5154	41.4647	41.4104
Média(g)	66.6200	35.7223	35.5516	35.5191	35.4820	35.4523	35.4210	35.3667	35.3207	35.2901
Delta m1		-0.0000	-0.1706	-0.2031	-0.2403	-0.2700	-0.3013	-0.3556	-0.4016	-0.4322
Delta m2(g)		0.00000	-0.1706	-0.0325	-0.0371	-0.0297	-0.0313	-0.0543	-0.0460	-0.0306
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		-0.0000	25.6129	30.4913	36.0652	40.5284	45.2267	53.3724	60.2772	64.8704

	Euville - Ciclos de 100 h									
	Superf. cm <sup>2</sup>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Wakopraverf</b>										
EW4	59.9000	31.3947	31.3675	31.3465	31.3244	31.3058	31.2917	31.2718	31.2373	31.2180
EW5	60.5000	33.6388	33.2803	33.1322	33.1094	33.0918	33.0775	33.0603	33.0243	33.0042
EW6	53.6000	31.8454	31.7281	31.7146	31.6937	31.6778	31.6657	31.6515	31.6198	31.5959
Média(g)	58.0000	32.2930	32.1253	32.0644	32.0425	32.0251	32.0116	31.9945	31.9605	31.9394
Delta m1		.0000	.1677	.2285	.2505	.2678	.2813	.2984	.3325	.3536
Delta m2(g)		0.0000	.1677	.0609	.0219	.0174	.0135	.0171	.0341	.0211
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	28.9080	39.4023	43.1839	46.1782	48.5057	51.4540	57.3276	60.9655
<b>Herbol I</b>										
EI4	65.7000	33.7679	33.7060	33.6903	33.6830	33.6950	33.6736	33.6752	33.6583	33.6563
EI5	66.0000	34.7948	34.7315	34.7178	34.7073	34.6998	34.6942	34.6963	34.6776	34.6758
EI6	66.0000	39.8021	39.7330	39.7251	39.7152	39.8326	39.7083	39.7100	39.6871	39.6828
Média(g)	65.9000	36.1216	36.0568	36.0444	36.0352	36.0758	36.0254	36.0272	36.0077	36.0050
Delta m1		.0000	.0648	.0772	.0864	.0458	.0962	.0944	.1139	.1166
Delta m2(g)		0.0000	.0648	.0124	.0092	-.0406	.0504	-.0018	.0195	.0027
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	9.8280	11.7147	13.1158	6.9499	14.6029	14.3298	17.2888	17.6985
<b>Funcosil 1a</b>										
EL04	67.3000	38.9320	38.8746	38.8437	38.7733	38.7438	38.7090	38.6351	38.5874	38.5671
EL05	66.8000	37.8761	37.8142	37.7848	37.6289	37.5851	37.5497	37.4076	37.3637	37.3371
EL06	66.7000	37.9394	37.8851	37.8579	37.8491	37.7872	37.7617	37.5365	37.4964	37.4710
Média(g)	66.9333	38.2492	38.1913	38.1621	38.0838	38.0387	38.0068	37.8597	37.8158	37.7917
Delta m1		.0000	.0579	.0870	.1654	.2105	.2424	.3894	.4333	.4574
Delta m2(g)		0.0000	.0579	.0292	.0784	.0451	.0319	.1471	.0439	.0241
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	8.6454	13.0030	24.7112	31.4442	36.2102	58.1823	64.7410	68.3416

Z.M. Verf	Superf. cm2	Balegem - Ciclos de 100 h								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
BZ4	64.1000	31.5373	31.4452	31.4128	31.3691	31.3436	31.3043	31.2589	31.1875	31.1197
BZ5	62.6000	30.9930	30.8976	30.8740	30.8338	30.7966	30.7550	30.7180	30.6633	30.6076
BZ6	63.2000	29.6433	29.5438	29.5207	29.4723	29.4202	29.3638	29.3173	29.2484	29.1924
Média(g)	63.3000	30.7245	30.6289	30.6025	30.5584	30.5201	30.4744	30.4314	30.3664	30.3066
Delta m1		.0000	.0957	.1220	.1661	.2044	.2502	.2931	.3581	.4180
Delta m2(g)		0.0000	.0957	.0264	.0441	.0383	.0458	.0430	.0650	.0598
Corr. p/ g/m2		.0000	15.1132	19.2786	26.2454	32.2907	39.5208	46.3086	56.5771	66.0295
A.Z. Verf										
BA4	65.4000	32.9346	32.8543	32.8365	32.7873	32.7787	32.7419	32.7094	32.6577	32.6076
BA5	66.0000	33.3564	33.2730	33.2559	33.1933	33.1856	33.1448	33.1103	33.0537	32.9911
BA6	66.9000	32.9832	32.9064	32.8914	32.8595	32.8407	32.7899	32.7407	32.6780	32.6418
Média(g)	66.1000	33.0914	33.0112	32.9946	32.9467	32.9350	32.8922	32.8535	32.7965	32.7468
Delta m1		.0000	.0802	.0968	.1447	.1564	.1992	.2379	.2949	.3446
Delta m2(g)		0.0000	.0802	.0166	.0479	.0117	.0428	.0387	.0570	.0496
Corr. p/ g/m2		.0000	12.1281	14.6445	21.8911	23.6611	30.1362	35.9960	44.6193	52.1281
Beckosil										
BB4	65.6000	33.4440	33.3454	33.3210	33.2889	33.2750	33.1963	33.1595	33.1168	33.0781
BB5	67.4000	42.9780	42.8584	42.8516	42.8021	42.7832	42.7593	42.6938	42.6168	42.5809
BB6	60.9000	28.5657	28.4909	28.4782	28.4507	28.4333	28.4150	28.3640	28.3340	28.3076
Média(g)	64.6333	34.9959	34.8982	34.8836	34.8472	34.8305	34.7902	34.7391	34.6892	34.6555
Delta m1		.0000	.0977	.1123	.1487	.1654	.2057	.2568	.3067	.3404
Delta m2(g)		0.0000	.0977	.0146	.0364	.0167	.0403	.0511	.0499	.0337
Corr. p/ g/m2		.0000	15.1109	17.3749	23.0015	25.5905	31.8257	39.7318	47.4523	52.6612

1

Leviscry1 mat	Balegem - Ciclos de 100 h									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
B4	65.3000	39.2979	39.2154	39.2263	39.1736	39.1614	39.1430	39.1255	39.0869	39.0596
B5	66.5000	41.3033	41.2232	41.2250	41.1697	41.1532	41.1267	41.0930	41.0419	41.0093
B6	65.0000	39.6035	39.5263	39.5272	39.4721	39.4503	39.4263	39.3965	39.3479	39.3195
Média(g)	65.6000	40.0682	39.9883	39.9928	39.9385	39.9216	39.8987	39.8717	39.8256	39.7961
Delta m1		.0000	.0799	.0754	.1298	.1466	.1696	.1966	.2427	.2721
Delta m2(g)		0.0000	.0799	-.0045	.0544	.0168	.0230	.0270	.0461	.0294
Corr. p/ g/m2		.0000	12.1850	11.4939	19.7815	22.3476	25.8486	29.9644	36.9919	41.4787
Leviscry1										
BL4	65.2000	39.5704	39.4936	39.5033	39.4324	39.4087	39.3807	39.3518	39.3061	39.2759
BL5	62.4000	39.1523	36.0938	36.0919	36.0137	36.0139	35.9908	35.9615	35.9226	35.8898
BL6	67.0000	40.7843	40.7065	40.7173	40.6435	40.6387	40.6108	40.5818	40.5334	40.4737
Média(g)	64.8667	39.8357	38.7646	38.7708	38.6965	38.6871	38.6608	38.6317	38.5874	38.5465
Delta m1		.0000	1.0710	1.0648	1.1391	1.1486	1.1749	1.2040	1.2483	1.2892
Delta m2(g)		0.0000	1.0710	-.0062	.0743	.0094	.0263	.0291	.0443	.0409
Corr. p/ g/m2		.0000	165.1131	164.1572	175.6115	177.0658	181.1254	185.6064	192.4409	198.7461



Tabela 7 - Nebulina ácida - Pedra Balegem - pag. II.32

	Balegem - Ciclos de 100 h									
	Superf. cm <sup>2</sup>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
BR4	70.3000	44.9968	44.9153	44.8951	44.8117	44.7717	44.7054	44.6357	44.5493	44.4554
BR5	60.0000	26.9055	26.8604	26.8290	26.7818	26.7474	26.6819	26.6365	26.5898	26.5010
BR6	60.4000	25.6154	25.5174	25.4852	25.4419	25.4166	25.3661	25.3282	25.2759	25.2126
Média(g)	63.5667	32.5059	32.4310	32.4031	32.3451	32.3119	32.2511	32.2001	32.1383	32.0563
Delta m1		.0000	.0749	.1028	.1608	.1940	.2548	.3058	.3676	.4496
Delta m2(g)		0.0000	.0749	.0279	.0580	.0332	.0608	.0510	.0618	.0820
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	11.7777	16.1720	25.2910	30.5191	40.0787	48.1017	57.8238	70.7236
Keim										
BK4	64.0000	31.1461	31.0789	31.0596	31.0095	30.9851	30.9543	30.9156	30.8731	30.8229
BK5	64.5000	33.1036	33.0238	33.0054	32.9615	32.9256	32.8918	32.8567	32.8181	32.7795
BK6	63.4000	30.3926	30.3169	30.3001	30.2628	30.2496	30.2193	30.1903	30.1462	30.1057
Média(g)	63.9667	31.5474	31.4732	31.4550	31.4113	31.3868	31.3551	31.3209	31.2791	31.2360
Delta m1		.0000	.0742	.0924	.1362	.1607	.1923	.2266	.2683	.3114
Delta m2(g)		0.0000	.0742	.0182	.0438	.0245	.0316	.0343	.0417	.0431
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	11.6050	14.4450	21.2871	25.1172	30.0625	35.4195	41.9437	48.6816
Becksche										
BM4	64.0000	37.9351	37.8215	37.8000	37.7414	37.6888	37.6185	37.5578	37.4468	37.5338
BMS	64.2000	39.5073	39.3680	39.3451	39.2775	39.2011	39.1189	39.0609	38.9689	38.8537
BM6	64.0000	37.5574	37.4421	37.4136	37.3504	37.3025	37.2443	37.1912	37.0841	36.9956
Média(g)	64.0667	38.3333	38.2105	38.1862	38.1231	38.0641	37.9939	37.9366	37.8333	37.7944
Delta m1		.0000	.1227	.1470	.2102	.2691	.3394	.3966	.5000	.5389
Delta m2(g)		0.0000	.1227	.0243	.0631	.0590	.0702	.0573	.1034	.0389
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	19.1571	22.9501	32.8044	42.0083	52.9709	61.9095	78.0437	84.1155



	Balegem - Ciclos de 100 h									
	Superf. cm <sup>2</sup>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Wakopraverf										
BM4	62.4000	29.4410	29.3761	29.3684	29.3233	29.3128	29.2831	29.2644	29.2135	29.1783
BM5	64.1000	34.7856	34.7081	34.7044	34.6552	34.6407	34.6160	34.5897	34.5350	34.5048
BM6	63.1000	31.6118	31.5447	31.5375	31.4869	31.4730	31.4501	31.4287	31.3775	31.3384
Média(g)	63.2000	31.9461	31.8763	31.8701	31.8218	31.8088	31.7831	31.7609	31.7087	31.6738
Delta m1		.0000	.0698	.0760	.0760	.1243	.1373	.1631	.2375	.2723
Delta m2(g)		0.0000	.0698	.0062	.0062	.0483	.0130	.0258	.0523	.0348
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	11.0496	12.0306	19.6730	21.7247	25.8017	29.3038	37.5738	43.0854
Herbol I										
B14	61.9000	31.6879	31.6041	31.6189	31.5869	31.5972	31.5840	31.5840	31.5627	31.5627
B15	65.4000	39.6798	39.5010	39.5101	39.4738	39.4941	39.4713	39.4754	39.4402	39.4418
B16	65.0000	38.3867	38.2963	38.3083	38.2743	38.2912	38.2736	38.2761	38.2456	38.2472
Média(g)	64.1000	36.5848	36.4671	36.4791	36.4450	36.4608	36.4430	36.4452	36.4162	36.4172
Delta m1		.0000	.1177	.1057	.1398	.1240	.1418	.1396	.1686	.1676
Delta m2(g)		0.0000	.1177	-.0120	.0341	-.0158	.0179	-.0022	.0290	-.0011
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	18.3567	16.4899	21.8097	19.3396	22.1269	21.7837	26.3079	26.1414
Funcosil 1a										
BLO4	63.1000	36.6872	36.5748	36.5783	36.5234	36.5054	36.4803	36.4681	36.4324	36.4206
BLO5	64.9000	43.1494	43.0347	43.0407	42.9820	42.9615	42.9352	42.9046	42.8683	42.8342
BLO6	66.3000	42.9662	42.8766	42.8777	42.8167	42.7940	42.7624	42.7446	42.7085	42.6741
Média(g)	64.7667	40.9343	40.8287	40.8322	40.7740	40.7536	40.7260	40.7058	40.6697	40.6430
Delta m1		.0000	.1056	.1020	.1602	.1806	.2083	.2285	.2645	.2913
Delta m2(g)		0.0000	.1056	-.0035	.0582	.0204	.0277	.0202	.0360	.0268
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		.0000	16.2995	15.7540	24.7401	27.8899	32.1616	35.2805	40.8430	44.9768

Tabela 8 - Nebulina acida - Pedras tufoeau e Balegem - pag. II.34

Tufoeau				Balegem			
Ref.	dy/dx	Coef. Correl.	Intervalo	Ref.	dy/dx	Coef. Correl.	Intervalo
Keim	2.0	-.9660	0--8	Keim	8.3	-.9949	0--8
Beecksche	1.3	.9860	1--8	Beecksche	5.6	.9938	0--8
Wakopraverf	3.6	1	1--8	Wakopraverf	10.5	1	2--8
Herbol I	3.7	-.9951	0--8	Herbol I	4.9	-.9875	0--8
Funcosil 1a	1.2	-.8983	1--8	Funcosil 1a	1.3	-.8902	1--8
	5.6	.9831	0--8		4.3	-.9897	1--8
Z.M. Verf	6.5	.9965	1--8	Z.M. Verf	7.3	-.9935	1--8
A.Z. Verf	4.3	.9963	1--8	A.Z. Verf	5.9	-.9901	0--8
Beckosil	5.4	.9882	1--8	Beckosil	5.6	-.9879	1--8
Funcosil d	5.7	.9888	1--8	Funcosil d	4.0	-.9943	1--9
Herbol II	2.4	.9811	1--8	Herbol II	2.7	-.9612	1--8
Herbol III	1.7	.9961	1--8	Herbol III	4.6	.9921	1--8
Leviscryl mat	3.1	-.9959	0--8	Leviscryl mat	4.7	-.9848	0--8
Leviscryl	4.3	.9859	0--8	Leviscryl	4.9	.9833	1--8

coeficientes de correlação(veloc. de sulfatação)

Euville

Ref.	dy/dx	Coef.	
		Correl.	Intervalo
Keim	6.1	.9948	0--8
Beecksche	3.9	.9853	0--8
Wakopraverf	5.7	1	1--8
Herbol I	3.5	.9920	2--8
Funcosil 1a	1.1	.7357	1--8
	9.3	.9846	1--8
Z.M. Verf	6.7	.9979	2--8
A.Z. Verf	6.2	.9988	1--8
Beckosil	5.9	.9985	1--8
Funcosil d	6.2	.9982	1--8
Herbol II	2.1	.9752	1--8
Herbol III	2.7	.9878	1--8
Leviscryl mat	3.5	.9948	1--8
Leviscryl	3.3	.0994	1--8

**Apêndice III - Dados relativos ao teste de imersão em soluções de diferentes pH**

		Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
Tempo(h)	Amostra	0	5	12	18	24	31	43	56		
	Superf. cm <sup>2</sup>										
Ref											
Massa(g)		16.8668	14.4296	9.6831	6.0617	2.1967	0	0	0	0	0
Delta m(g)		0	2.4372	7.1837	10.8051	14.6701	16.8668	16.8668	16.8668	16.8668	16.8668
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	405	1193	1794	2435	2800	2800	2800	2800	2800
Z.M.Verf											
Massa(g)		18.5188	17.9721	17.6515	17.4352	17.2313	17.0249	16.6734	16.3538	16.3538	16.3538
Delta m(g)		0	.5467	.8673	1.0836	1.2875	1.4939	1.8454	2.165	2.165	2.165
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	90	142	178	211	245	302	355	355	355
A.Z. Verf											
Massa(g)		16.9749	16.2644	15.9638	15.7899	15.6299	15.4661	15.1203	14.8226	14.8226	14.8226
Delta m(g)		0	.7105	1.0111	1.185	1.345	1.5088	1.8546	2.1523	2.1523	2.1523
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	119	170	199	226	253	311	361	361	361
Beckosil I											
Massa(g)		17.815	17.3024	16.8306	16.627	16.48	16.3539	16.1268	15.9542	15.9542	15.9542
Delta m(g)		0	.5126	.9844	1.188	1.335	1.4611	1.6882	1.8608	1.8608	1.8608
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	82	158	191	214	235	271	299	299	299
Funcosil d											
Massa(g)		23.9493	23.5019	23.2375	23.0628	22.9254	22.8228	22.5647	22.3816	22.3816	22.3816
Delta m(g)		0	.4474	.7118	.8865	1.0239	1.1265	1.3846	1.5677	1.5677	1.5677
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	66	106	132	152	167	206	233	233	233
Herbol II											
Massa(g)		17.3532	17.2912	17.2657	17.2475	17.2384	17.2256	17.2227	17.2114	17.2114	17.2114
Delta m(g)		0	.062	.0875	.1057	.1148	.1276	.1305	.1418	.1418	.1418
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	10	14	17	18	20	21	23	23	23



Tempo(h) Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão												
		0	5	12	18	24	31	43	56					
Herbol III														
Massa(g)		22.2738	22.2112	22.1726	22.1498	22.1349	22.1121	22.0878	22.0575					
Delta m(g)		0	-.0626	-.1012	-.124	-.1389	-.1617	-.186	-.2163					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	10	15	19	21	25	28	33					
Levisicryl Mat														
Massa(g)		17.2705	17.2699	17.2503	17.2368	17.2231	17.2019	17.1698	17.1325					
Delta m(g)		0	-.0006	-.0202	-.0337	-.0474	-.0686	-.1007	-.138					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	0	3	6	8	12	17	23					
Levisicryl														
Massa(g)		18.0232	18.0066	17.9449	17.9071	17.8695	17.8293	17.7766	17.7254					
Delta m(g)		0	-.0166	-.0783	-.1161	-.1537	-.1939	-.2466	-.2978					
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	3	13	19	25	32	40	49					

Tempo(h) Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
		0	5	12	18	24	31	43	56		
Ref. Massa(g) Delta m(g) Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		16.8668 0 60.24 0	14.4296 2.4372 405	9.6831 7.1837 1193	6.0617 10.8051 1794	2.1967 14.6701 2435	0 16.8668 2800	0 16.8668 2800	0 16.8668 2800	0 16.8668 2800	0 16.8668 2800
Keim Massa(g) Delta m(g) Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		17.0889 0 60.2 0	16.7249 .364 60	16.6798 .4091 68	16.6535 .4354 72	16.6285 .4604 76	16.6059 .483 80	16.569 .5199 86	16.5372 .5517 92		
Beecksche Massa(g) Delta m(g) Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		20.895 0 64.26 0	20.5339 .3611 56	20.2496 .6454 100	20.0695 .8255 128	19.8996 .9954 155	19.7266 1.1684 182	19.3417 1.5533 242	18.9288 1.9662 306		
Wakopraverf Massa(g) Delta m(g) Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		19.443 0 60.73 0	19.3126 .1304 21	19.2601 .1829 30	19.2272 .2158 36	19.1779 .2651 44	19.1195 .3235 53	19.0021 .4409 73	18.9342 .5088 84		
Herbol I Massa(g) Delta m(g) Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		22.9807 0 63.8 0	22.971 .0097 2	22.9025 .0782 12	22.8846 .0961 15	22.8804 .1003 16	22.8708 .1099 17	22.8636 .1171 18	22.8502 .1305 20		
Funcosil 1a Massa(g) Delta m(g) Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		19.1053 0 60.22 0	18.8951 .2102 35	18.8627 .2426 40	18.839 .2663 44	18.8184 .2869 48	18.7952 .3101 51	18.7665 .3388 56	18.7464 .3589 60		

Tempo(h)	Amostra	Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
		Superf. cm2	5	12	18	24	31	43	56		
Ref											
Massa(g)		15.0015	14.6339	14.3364	13.8715	13.4729	13.1462	12.7277	12.2367		
Delta m(g)		0	.3676	.6651	1.13	1.5286	1.8553	2.2738	2.7648		
Corr. p/ g/m2		0	64	116	196	266	322	395	480		
Z.M.Verf											
Massa(g)		18.8158	18.3149	18.1958	18.1235	18.0662	18.004	17.9402	17.8762		
Delta m(g)		0	.5009	.62	.6923	.7496	.8118	.8756	.9396		
Corr. p/ g/m2		0	78	97	108	117	126	136	146		
A.Z. Verf											
Massa(g)		16.3823	16.1743	16.0637	15.9963	15.9337	15.8652	15.8042	15.731		
Delta m(g)		0	.208	.3186	.386	.4486	.5171	.5781	.6513		
Corr. p/ g/m2		0	35	54	65	76	87	97	110		
Beckosil											
Massa(g)		18.7593	18.5828	18.5028	18.4772	18.4515	18.428	18.4149	18.4034		
Delta m(g)		0	.1765	.2565	.2821	.3078	.3313	.3444	.3559		
Corr. p/ g/m2		0	28	40	44	49	52	54	56		
Funcosil d											
Massa(g)		19.6117	19.3698	19.273	19.2146	19.1588	19.0855	19.0159	18.9307		
Delta m(g)		0	.2419	.3387	.3971	.4529	.5262	.5958	.681		
Corr. p/ g/m2		0	38	53	62	70	82	92	106		

		Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
Tempo(h)	Amostra	0	5	12	18	24	31	43	56		
		Superf. cm <sup>2</sup>									
<b>Ref.</b>											
Massa(g)		15.0015	14.6339	14.3364	13.8715	13.4729	13.1462	12.7277	12.2367		
Delta m(g)		0	.3676	.6651	1.13	1.5286	1.8553	2.2738	2.7648		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	64	116	196	266	322	395	480		
<b>Keim</b>											
Massa(g)		15.8958	15.7548	15.7351	15.734	15.7285	15.7208	15.7161	15.7088		
Delta m(g)		0	.141	.1607	.1618	.1673	.175	.1797	.187		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	23	27	27	28	29	30	31		
<b>Becksche</b>											
Massa(g)		19.6117	19.3698	19.273	19.2146	19.1588	19.0855	19.0159	18.9307		
Delta m(g)		0	.2419	.3387	.3971	.4529	.5262	.5958	.681		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	38	53	62	70	82	92	106		

Tempo(h)	Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão											
			0	5	12	18	24	31	43	56				
Ref														
Massa(g)			15.5305	15.4055	15.3052	15.1864	15.1049	15.0345	14.8685	14.6596				
Delta m(g)			0	.125	.2253	.3441	.4256	.496	.662	.8709				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	20	36	55	69	80	107	140				
Z.M.Verf														
Massa(g)			19.7811	19.663	19.6172	19.5699	19.5391	19.5188	19.4907	19.4703				
Delta m(g)		60.7	0	.1181	.1639	.2112	.242	.2623	.2904	.3108				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	19	26	33	38	41	46	49				
A.Z. Verf														
Massa(g)			17.3722	17.1763	17.1143	17.0719	17.0356	17.0143	16.9847	16.9577				
Delta m(g)		63.47	0	.1959	.2579	.3003	.3366	.3579	.3875	.4145				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	33	44	51	57	61	66	70				
Beckosil														
Massa(g)			20.5912	20.4306	20.3977	20.3657	20.336	20.3152	20.2869	20.2685				
Delta m(g)		58.94	0	.1606	.1935	.2255	.2552	.276	.3043	.3227				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	26	31	36	41	44	48	51				
Funcosil d														
Massa(g)			19.3307	19.0929	19.0328	18.9877	18.9504	18.9293	18.8968	18.8651				
Delta m(g)		62.85	0	.2378	.2979	.343	.3803	.4014	.4339	.4656				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	35	44	51	56	60	64	69				



Tabela 12 - Imersão PH 2 - Pedra Balegem - pag. III.42

		Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
Tempo(h)	Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	0	5	12	18	24	31	43	56	
Ref	Massa(g)		31.5244	28.5776	22.6141	16.2384	11.9169	7.3016	2.4151	0	
	Delta m(g)	61.33	0	2.9468	8.9103	15.286	19.6075	24.2228	29.1093	31.5244	
	Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	480	1453	2492	3197	3950	4746	5140	
Z.M.Verf	Massa(g)		36.3431	35.5438	34.7901	34.1148	32.9802	31.3274	28.342	25.0631	
	Delta m(g)	61.33	0	.7993	1.553	2.2283	3.3629	5.0157	8.0011	11.28	
	Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	130	253	363	548	818	1305	1839	
A.Z. Verf	Massa(g)		31.9224	31.0327	30.3609	29.7537	28.7154	27.0565	23.8191	19.407	
	Delta m(g)	61.33	0	.8897	1.5615	2.1687	3.207	4.8659	8.1033	12.5154	
	Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	145	255	354	523	793	1321	2041	
Beckosil	Massa(g)		32.3713	31.8748	31.5593	31.4057	31.1179	30.7879	30.2199	29.5675	
	Delta m(g)	61.33	0	.4965	.812	.9656	1.2534	1.5834	2.1514	2.8038	
	Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	81	132	157	204	258	351	457	
Funcozil	Massa(g)		31.4339	30.9847	30.8179	30.7542	30.6386	30.5053	30.3189	30.0456	
	Delta m(g)	61.33	0	.4492	.616	.6797	.7953	.9286	1.115	1.3883	
	Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	73	100	111	130	151	182	226	

Tempo(h) Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão											
		0	5	12	18	24	31	43	56				
Herbol II													
Massa(g)		34.1865	34.1845	34.1739	34.1694	34.1674	34.1603	34.1524	34.1481				
Delta m(g)		0	.002	.0126	.0171	.0191	.0262	.0341	.0384				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	0	2	3	3	4	5	6				
Herbol I													
Massa(g)		33.3809	33.3019	33.2858	33.2786	33.2717	33.2611	33.2496	33.2408				
Delta m(g)		0	.079	.0951	.1023	.1092	.1198	.1313	.1401				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	13	16	17	18	20	21	23				
Levisicryl Mat													
Massa(g)		35.353	35.3025	35.2615	35.2275	35.193	35.1452	35.0882	35.0405				
Delta m(g)		0	.0505	.0915	.1255	.16	.2078	.2648	.3125				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	8	15	20	26	34	43	51				
Levisicryl I													
Massa(g)		34.6171	34.585	34.5616	34.5469	34.5323	34.5169	34.4959	34.4784				
Delta m(g)		0	.0321	.0555	.0702	.0848	.1002	.1212	.1387				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	5	9	11	14	16	20	23				

		Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão <sup>N</sup>									
Tempo(h)	Amostra	0	5	12	18	24	31	43	56		
	Superf. cm <sup>2</sup>										
Ref:											
Massa(g)	61.33	31.5244	28.5776	22.6141	16.2384	11.9169	7.3016	2.4151	0		
Delta m(g)		0	2.9468	8.9103	15.286	19.6075	24.2228	29.1093	31.5244		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	480	1453	2492	3197	3950	4746	5140		
Keim											
Massa(g)	61.33	38.6033	38.1891	38.0664	37.9652	37.7533	37.4512	36.9904	36.4738		
Delta m(g)		0	.4142	.5369	.6381	.85	1.1521	1.6129	2.1295		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	68	88	104	139	188	263	347		
Becksche											
Massa(g)	61.33	38.813	38.2862	37.6851	37.2838	36.7356	36.1524	34.9292	33.3329		
Delta m(g)		0	.5268	1.1279	1.5292	2.0774	2.6606	3.8838	5.4801		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	86	184	249	339	434	633	894		
Wakopraverf											
Massa(g)	61.33	33.6335	33.5504	33.5237	33.5061	33.485	33.4592	33.4276	33.3989		
Delta m(g)		0	.0831	.1098	.1274	.1485	.1743	.2059	.2346		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	14	18	21	24	28	34	38		
Herbol I											
Massa(g)	61.33	39.5282	39.4956	39.4901	39.4886	39.4883	39.4851	39.4781	39.4752		
Delta m(g)		0	.0326	.0381	.0396	.0399	.0431	.0501	.053		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	5	6	6	7	7	8	9		
Funcozil 1a											
Massa(g)	61.33	37.7207	37.5467	37.509	37.4964	37.4783	37.4648	37.4471	37.4325		
Delta m(g)		0	.174	.2117	.2243	.2424	.2559	.2736	.2882		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	28	35	37	40	42	45	47		

Tabela 13 - Imersão PH 3 - Pedra Balesgem - pag. III.45

Tempo(h)	Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
	0	5	12	18	24	31	43	56		
Amostra	Superf. surface(cm <sup>2</sup> )									
Ref										
Massa(g)	39.3722	39.1987	39.0148	38.845	38.6633	38.3882	38.1284	37.7502		
Delta m(g)	0	.1735	.3574	.5272	.7039	.984	1.2438	1.622		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	27	56	83	112	155	196	256		
Z.M.Verf										
Massa(g)	29.4966	29.3596	29.2844	29.254	29.2103	29.1667	29.1267	29.0773		
Delta m(g)	0	.137	.2122	.2426	.2858	.3299	.3699	.4193		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	21	32	37	43	50	56	64		
A.Z. Verf										
Massa(g)	44.0757	44.0318	44.0282	44.0201	44.0122	43.9958	44.0024	43.9873		
Delta m(g)	0	.0439	.0475	.0556	.0635	.0799	.0733	.0884		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	7	8	9	10	13	12	14		
Beckosil										
Massa(g)	35.5446	35.3761	35.3383	35.338	35.3341	35.3309	35.3306	35.3207		
Delta m(g)	0	.1685	.2063	.2066	.2105	.2137	.214	.2239		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	27	32	32	33	34	34	35		
Funcosil d										
Massa(g)	38.6065	38.5334	38.47	38.4289	38.3645	38.3008	38.2285	38.1413		
Delta m(g)	0	.0731	.1365	.1776	.242	.3057	.378	.4652		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	11	20	26	35	44	55	67		

Tabela 13 - Imersão PH 3 - Pedra Balegem - pag. III.46

		Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
Tempo(h)	Amostra	Superf. superfície(cm <sup>2</sup> )	0	5	12	18	24	31	43	56	
Ref.	Massa(g)		39.3722	39.1987	39.0148	38.845	38.6633	38.3882	38.1284	37.7502	
	Delta m(g)		0	-1735	.3574	.5272	.7089	.984	1.2438	1.622	
	Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	27	56	83	112	155	196	256	
Keim	Massa(g)		25.5276	25.464	25.4516	25.4575	25.45	25.443	25.4421	25.4333	
	Delta m(g)		0	-0636	-076	-0701	-0776	-0846	-0855	-0943	
	Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	10	12	11	12	14	14	15	
Beecksche	Massa(g)		38.6065	38.5334	38.47	38.4289	38.3645	38.3008	38.2285	38.1413	
	Delta m(g)		0	-0731	-1365	-1776	-242	-3057	-378	-4652	
	Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	11	20	26	35	44	55	67	



Tabela 14 - Imersão pH 4 - Pedra Bolegem - pag. III.47

Tempo(h)	Amostra	Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
		Superf. Surface(cm <sup>2</sup> )	0	5	12	18	24	31	43	56	
Ref											
Massa(g)		40.9934	40.9417	40.8971	40.8431	40.7918	40.745	40.6741	40.5926		
Delta m(g)		0	-.0517	-.0963	-.1503	-.2016	-.2484	-.3193	-.4008		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	8	15	23	31	38	49	62		
Z.M.Verf											
Massa(g)		29.9151	29.8576	29.8328	29.7992	29.7778	29.7619	29.745	29.732		
Delta m(g)		0	-.0575	-.0823	-.1159	-.1373	-.1532	-.1701	-.1831		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	9	13	18	21	23	26	28		
A.Z. Verf											
Massa(g)		45.8328	45.7958	45.7909	45.779	45.77	45.7699	45.771	45.7765		
Delta m(g)		0	-.037	-.0419	-.0538	-.0628	-.0629	-.0618	-.0563		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	6	6	8	9	9	9	8		
Beckosil											
Massa(g)		31.6756	31.5541	31.5424	31.5181	31.5004	31.4928	31.4665	31.4584		
Delta m(g)		0	-.1215	-.1332	-.1575	-.1752	-.1828	-.2091	-.2172		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	18	20	23	26	27	31	32		
Funcosil d											
Massa(g)		36.7012	36.6502	36.6358	36.611	36.591	36.5778	36.5568	36.5352		
Delta m(g)		0	-.051	-.0654	-.0902	-.1102	-.1234	-.1444	-.166		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	8	10	14	17	19	22	25		

Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão

Tempo(h)	Superf. amostra	Superf. surface(cm <sup>2</sup> )	0	5	12	18	24	31	43	56
Ref.										
Massa(g)			40.9934	40.9417	40.8974	40.8431	40.7918	40.745	40.6741	40.5926
Delta m(g)			0	.0517	.0963	.1503	.2016	.2484	.3193	.4008
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	8	15	23	31	38	49	62
Keim										
Massa(g)			33.7275	33.6808	33.6733	33.6692	33.6612	33.6604	33.6602	33.66
Delta m(g)			0	.0467	.0542	.0583	.0663	.0671	.0673	.0675
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	7	8	9	10	10	10	10
Becksche										
Massa(g)			36.7012	36.6502	36.6358	36.611	36.591	36.5778	36.5568	36.5352
Delta m(g)			0	.051	.0654	.0902	.1102	.1234	.1444	.166
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	8	10	14	17	19	22	25

Tempo(h) Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão											
		0	5	12	18	24	31	43	56				
Ref													
Massa(g)		31.5244	28.5776	22.6141	16.2384	11.9169	7.3016	2.4151	0				
Delta m(g)		0	2.9468	8.9103	15.286	19.6075	24.2228	29.1093	31.5244				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	480	1453	2492	3197	3950	4746	5140				
Z.M.Verf													
Massa(g)		36.3431	35.5438	34.7901	34.1148	32.9802	31.3274	28.342	25.0631				
Delta m(g)		0	.7993	1.553	2.2283	3.3629	5.0157	8.0011	11.28				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	130	253	363	548	818	1305	1839				
A.Z. Verf													
Massa(g)		31.9224	31.0327	30.3609	29.7537	28.7154	27.0565	23.8191	19.407				
Delta m(g)		0	.8897	1.5615	2.1687	3.207	4.8659	8.1033	12.5154				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	145	255	354	523	793	1321	2041				
Beckosil													
Massa(g)		32.3713	31.8748	31.5593	31.4057	31.1179	30.7879	30.2199	29.5675				
Delta m(g)		0	.4965	.812	.9656	1.2534	1.5834	2.1514	2.8038				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	81	132	157	204	258	351	457				
Funcosil d													
Massa(g)		31.4339	30.9847	30.8179	30.7542	30.6386	30.5053	30.3189	30.0456				
Delta m(g)		0	.4492	.616	.6797	.7953	.9286	1.115	1.3883				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	73	100	111	130	151	182	226				
Herbol II													
Massa(g)		34.1865	34.1845	34.1739	34.1694	34.1674	34.1603	34.1524	34.1481				
Delta m(g)		0	.002	.0126	.0171	.0191	.0262	.0341	.0384				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	0	2	3	3	4	5	6				

		Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão										
Tempo(h)	Amostra	0	5	12	18	24	31	43	56			
	Superf. cm <sup>2</sup>											
<b>Herbol</b>												
Massa(g)		33.3809	33.3019	33.2858	33.2786	33.2717	33.2611	33.2496	33.2408			
Delta m(g)	61.33	0	.079	.0951	.1023	.1092	.1198	.1313	.1401			
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	13	16	17	18	20	21	23			
<b>Levisicryl Mat</b>												
Massa(g)		35.353	35.3025	35.2615	35.2275	35.193	35.1452	35.0882	35.0405			
Delta m(g)	61.33	0	.0505	.0915	.1255	.16	.2078	.2648	.3125			
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	8	15	20	26	34	43	51			
<b>Levisicryl</b>												
Massa(g)		34.6171	34.585	34.5616	34.5469	34.5323	34.5169	34.4959	34.4784			
Delta m(g)	61.33	0	.0321	.0555	.0702	.0848	.1002	.1212	.1387			
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	5	9	11	14	16	20	23			

Tempo(h)	Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
	0	5	12	18	24	31	43	56		
Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>									
Ref.										
Massa(g)	31.5244	28.5776	22.6141	16.2384	11.9169	7.3016	2.4151	0		
Delta m(g)	0	2.9468	8.9103	15.286	19.6075	24.2228	29.1093	31.5244		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	480	1453	2492	3197	3950	4746	5140		
Keim										
Massa(g)	38.6033	38.1891	38.0664	37.9652	37.7533	37.4512	36.9904	36.4738		
Delta m(g)	0	.4142	.5369	.6381	.85	1.1521	1.6129	2.1295		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	68	88	104	139	188	263	347		
Beecksche										
Massa(g)	38.813	38.2862	37.6851	37.2838	36.7356	36.1524	34.9292	33.3329		
Delta m(g)	0	.5268	1.1279	1.5292	2.0774	2.6606	3.8838	5.4801		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	86	184	249	339	434	633	894		
Wakopraverf										
Massa(g)	33.6335	33.5504	33.5237	33.5061	33.485	33.4592	33.4276	33.3989		
Delta m(g)	0	-.0831	-.1098	-.1274	-.1485	-.1743	-.2059	-.2346		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	14	18	21	24	28	34	38		
Herbol I										
Massa(g)	39.5282	39.4956	39.4901	39.4886	39.4883	39.4851	39.4781	39.4752		
Delta m(g)	0	-.0326	-.0381	-.0396	-.0399	-.0431	-.0501	-.053		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	5	6	6	7	7	8	9		
Funcosil 1a										
Massa(g)	37.7207	37.5467	37.509	37.4964	37.4783	37.4648	37.4471	37.4325		
Delta m(g)	0	.174	.2117	.2243	.2424	.2559	.2736	.2882		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	28	35	37	40	42	45	47		



Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão

Tempo(h)	0	5	12	18	24	31	43	56	
Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>								
Ref									
Massa(g)	32.9876	32.6977	32.3732	32.0769	31.6889	31.1645	30.5354	29.9673	
Delta m(g)	0	.2899	.6144	.9107	1.2997	1.8231	2.4522	3.0203	
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	49	104	153	219	307	413	509	
Z.M.Verf									
Massa(g)	31.1071	30.9288	30.805	30.7136	30.62	30.5202	30.397	30.2549	
Delta m(g)	0	.1783	.3021	.3935	.4871	.5869	.7101	.8522	
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	28	48	62	77	93	112	135	
A.Z. Verf									
Massa(g)	35.5216	35.4244	35.3884	35.3482	35.2916	35.2464	35.2069	35.1566	
Delta m(g)	0	.0972	.1332	.1734	.23	.2752	.3147	.365	
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	14	19	24	32	39	44	52	
Beckosil									
Massa(g)	36.0254	35.8348	35.7728	35.7466	35.7248	35.7059	35.6923	35.6762	
Delta m(g)	0	.1906	.2526	.2788	.3006	.3195	.3331	.3492	
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	28	37	41	44	47	49	52	
Funcosil d									
Massa(g)	37.3696	37.2465	37.1604	37.0921	37.0206	36.9334	36.8161	36.6813	
Delta m(g)	0	.1231	.2092	.2775	.349	.4362	.5535	.6883	
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	0	19	32	42	53	67	85	105	

		Massa da amostra(g) em função do tempo de imersão									
Tempo(h)	Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	0	5	12	18	24	31	43	56	
Ref.											
Massa(g)			32.9876	32.6977	32.3732	32.0769	31.6889	31.1645	30.5354	29.9673	
Delta m(g)			0	.2899	.6144	.9107	1.2987	1.8231	2.4522	3.0203	
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	49	104	153	219	307	413	509	
Keim											
Massa(g)			37.7503	37.6233	37.5965	37.5876	37.575	37.5575	37.5366	37.5128	
Delta m(g)		67.08	0	.127	.1538	.1627	.1753	.1928	.2137	.2375	
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	19	23	24	26	29	32	35	
Beecksche											
Massa(g)			37.3696	37.2465	37.1604	37.0921	37.0206	36.9334	36.8161	36.6813	
Delta m(g)		65.48	0	.1231	.2092	.2775	.349	.4362	.5535	.6883	
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	19	32	42	53	67	85	105	

Tempo(h) Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	Massa(g) em função do tempo de imersão									
		0	5	12	18	24	31	43	56		
Ref											
Massa(g)		42.1932	42.1172	42.0182	41.9553	41.8975	41.8396	41.7418	41.6196		
Delta m(g)	67.7	0	.076	.175	.2379	.2957	.3536	.4514	.5736		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	11	26	35	44	52	67	85		
Z.M.Verf											
Massa(g)		31.0485	30.9622	30.919	30.889	30.8641	30.8412	30.8089	30.7739		
Delta m(g)	60.05	0	.0863	.1295	.1595	.1844	.2073	.2396	.2746		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	14	22	27	31	35	40	46		
A.Z. Verf											
Massa(g)		29.5487	29.5017	29.4908	29.4809	29.4708	29.4647	29.4547	29.4439		
Delta m(g)	62.18	0	.047	.0579	.0678	.0779	.084	.094	.1048		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	8	9	11	13	14	15	17		
Beckosil											
Massa(g)		38.2817	38.1124	38.078	38.049	38.0195	37.9955	37.9761	37.9605		
Delta m(g)	61	0	.1693	.2037	.2327	.2622	.2862	.3056	.3212		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	28	33	38	43	47	50	53		
Funcosil d											
Massa(g)		39.8267	39.7342	39.6965	39.673	39.6513	39.6311	39.6063	39.5705		
Delta m(g)	70.44	0	.0925	.1302	.1537	.1754	.1956	.2204	.2562		
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>		0	13	18	22	25	28	31	36		

Tempo(h)	Amostra	Superf. cm <sup>2</sup>	Massa(g) em função do tempo de imersão											
			0	5	12	18	24	31	43	56				
Ref.														
Massa(g)			42.1932	42.1172	42.0182	41.9553	41.8975	41.8396	41.7418	41.6196				
Delta m(g)			0	.076	.175	.2379	.2957	.3536	.4514	.5736				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	11	26	35	44	52	67	85				
Keim														
Massa(g)			32.3924	32.3854	32.321	32.3129	32.3047	32.299	32.292	32.2861				
Delta m(g)			0	.057	.0714	.0795	.0877	.0934	.1004	.1063				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	8	11	12	13	14	15	16				
Beecksche														
Massa(g)			39.8267	39.7342	39.6965	39.673	39.6513	39.6311	39.6063	39.5705				
Delta m(g)			0	.0925	.1302	.1537	.1754	.1956	.2204	.2562				
Corr. p/ g/m <sup>2</sup>			0	13	18	22	25	28	31	36				

Imersão PH 2 - Tuffeau				Imersão PH 2 - Balegem			
Ref.	dy/dx	Coef. Correl	Intervalo(h)	ref	dy/dx	Coef. Correl	Intervalo(h)
Ref.	94.8	.9952	0--56	ref	71.7	.9986	0--56
Keim	.6	.9871	5--56	Keim	.5	.9728	5--56
Beecksche	4.8	.9989	5--56	beecksche	5.2	.9926	5--56
Wakopraverf	1.3	.9966	5--56	wakop	.4	.9659	5--56
Herbol	.1	.9527	12--56	herbol I	0		
Funcosil 1a	.5	.9858	5--56	func 1a	.1	.7293	5--56
Z.M. Verf	5.1	.9948	5--56	Z.M. Verf	8.5	.9848	5--31
A.Z. Verf	4.6	.9958	5--56	A.Z. Verf	7.1	.9931	5--43
Beckosil	3.9	.9485	5--56	becko	1.7	.9887	5--56
Funcosil d	3.2	.9855	5--56	func d	.8	.9838	5--56
Herbol I	.1	.9527	12--56	herb I	0		
Herbol II	.2	.8659	0--56	herb II	.3	.7428	0--50
Leviscrgl mat	.4	.9958	0--56	levis mat	.3	.9483	5--56
Leviscrgl	.9	.9903	5--56	levis	.3	.9603	5--56



Imersão PH 2 - Euville

	dy/dx	Coef.	
		Correl	Intervalo(h)
ref	97.6	.9709	0--56
keim	5.7	.991	5--56
beecksche	15.6	.9955	5--56
wakop	.5	.9958	5--56
herbol I	.007	.9856	5--56
func 1a	.3	.9487	5--56
z.m.verf	19.8	.9963	0--18
a.z.verf	19.1	.9899	0--18
becko	7.4	.9978	5--56
func d	2.9	.9985	5--56
herb I	.007	.9856	5--56
herb II	.1	.9782	5--56
levis mat	.9	.9953	5--56
levis	.4	.99	5--56

Imersão PH 3 - Tufreau

Imersão PH 3 - Balegem

Ref.	dy/dx	Coef.		Intervalo(h)	Ref.	dy/dx	Coef.		Intervalo(h)		
		Correl	Intervalo(h)				Correl	Intervalo(h)			
Keim	8.6	.9900	0--56	Keim	4.6	.9986	0--56	Keim	.1	.9271	5--56
Becksche	.1	.9195	5--56	Becksche	.1	.9965	5--56	Becksche	1.1	.9965	5--56
Z.M. Verf	1.3	.9888	5--56	Z.M. Verf	1.6	.9956	5--56	Z.M. Verf	.8	.9821	5--56
A.Z. Verf	1.3	.9682	5--56	A.Z. Verf	.1	.9383	5--56	A.Z. Verf	.1	.8286	5--56
Beckosil	1.4	.9759	5--56	Beckosil	.1	.8286	5--56	Beckosil	.1	.8286	5--56
Funcosil d	.5	.8953	5--56	Funcosil d	.1	.8286	5--56	Funcosil d	.1	.8286	5--56

Imersão PH 3 - Euville

Ref.	dy/dx	Coef.		Intervalo(h)			
		Correl	Intervalo(h)				
Keim	9.4	.8979	0--56	Keim	.3	.9911	5--56
Becksche	.3	.9911	5--56	Becksche	1.7	.9989	5--56
Z.M. Verf	1.7	.9989	5--56	Z.M. Verf	2.0	.9999	5--56
A.Z. Verf	2.1	.9999	5--56	A.Z. Verf	.8	.9866	5--56
Beckosil	.8	.9866	5--56	Beckosil	.4	.9266	5--56
Funcosil d	.4	.9266	5--56	Funcosil d	.4	.9266	5--56

Imersão PH 4 - Tuffeau

Ref.	dy/dx	Coef. Correl	Intervalo(h)
Keim	2.4	.9964	0--56
Becksche	.1	.9049	5--56
	.6	.9561	5--56
Z.M. Verf	.8	.9797	5--56
A.Z. Verf	.6	.9553	5--56
Beckosil	.7	.9476	5--56
Funcosil d	.5	.9665	5--56

Imersão PH 4 - Euvillie

Ref.	dy/dx	Coef. Correl	Intervalo(h)
Keim	1.5	.9935	0--56
Becksche	.1	.9439	5--56
	.4	.9819	5--56
Z.M. Verf	.8	.9983	5--56
A.Z. Verf	.6	.9802	5--56
Beckosil	.2	.9741	5--56
Funcosil d	.5	.9612	5--56

Imersão PH 4 - Balesgem

Ref.	dy/dx	Coef. Correl	Intervalo(h)
Keim	1.1	.9970	0--56
Becksche	.1	.8069	5--56
	.3	.9808	5--56
Z.M. Verf	.6	.9896	5--56
A.Z. Verf	.3672	.9536	5--56
Beckosil	.05	.6316	5--56
Funcosil d	.3	.9739	5--56

**Apêndice IV - Dados relativos ao teste de tempo de secagem**

Tabela 21 - Tempo de secagem - Pedra Tufoeau - pag. IV.60

Tempo(h) Amostra	Superf(cm <sup>2</sup> )	Massa(g) das amostras em função do tempo(h)							24	
		0	1	2	3	4	5	6		7
Z.M.Verf delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	34.47	290.7 0	289 493	287.6 899	286.3 1276	285.1 1625	283.9 1973	282.7 2321	282.1 2495	270.4 5889
A.Z.Verf Delta m Corr. p/g/m <sup>2</sup>	35.97	287.6 0	285.7 528	284.4 890	283 1279	281.9 1585	280.7 1918	279.6 2224	279.1 2363	270.5 4754
Beckosil Delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	34.47	312.8 0	310.2 754	307.8 1451	305.4 2147	303.1 2814	300.7 3510	298.4 4178	297.3 4497	279.1 9777
Funcosil d Delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	34.72	320.1 0	317.6 720	315.7 1267	313.5 1901	311.4 2506	309.4 3082	307.3 3687	306.4 3946	289.4 8842
Herbol II Delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	33.51	313.3 0	313.2 30	313.1 60	313.1 60	313 90	312.9 119	312.9 119	312.9 119	312.4 269

Tabela 21 - Tempo de secagem - Pedra Tufoeiu - pag. IV.64

Tempo(h)	Superf(cm <sup>2</sup> )	Massa(g) das amostras em função do tempo(h)							24	
		0	1	2	3	4	5	6		7
Amostra Herbol III Delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	36.64	299.6 0	299.2 109	299 164	298.6 273	298.4 328	298.1 409	297.9 464	297.7 519	294.4 1419
Levisicryl mat Delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	35.88	292.5 0	292.3 56	292.2 84	292.1 111	292 139	291.9 167	291.8 195	291.8 195	290.4 585
Levisicryl delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	35.57	307.6 0	307.5 28	307.5 28	307.4 56	307.3 84	307.3 84	307.2 112	307.2 112	306.5 309



Tabela 21 - Tempo de secagem - Pedra Tufoau - pag. IV.62

Tempo(h) Amostra Ref. Delta m Corr. p/ g/m2	Superf(cm2)							24				
	0	1	2	3	4	5	6					
Keim Delta m Corr. p/ g/m2	35.51	316.32	314.18	312.04	309.94	308.04	305.84	303.76	301.74	282.3	ERR	
Beecksche Delta m Corr. p/ g/m2	34.83	314.8	313	311.3	309.4	307.6	305.8	304.2	303.4	289.5	7264	
Wakopraverf Delta m Corr. p/ g/m2	34.34	304.7	302.9	301.3	299.6	297.9	296.1	294.3	293.5	278.2	7717	
Herbol I Delta m Corr. p/ g/m2	35.29	325.9	325.9	325.9	325.8	325.8	325.8	325.8	325.8	325.8	325.7	57
Funcozil Ia Delta m Corr. p/ g/m2	34.22	279.4	279.3	279.3	279.2	279.2	279.2	279.2	279.1	278.9	146	
	34.84	329.6	329.2	329	328.8	328.6	328.4	328.1	328	325.5	1177	

	Tempo(h)	Amostra	delta m	Corr. p/ g/m2	Superf(cm2)							24		
					0	1	2	3	4	5	6		7	
A.Z.Verf					Massa(g) das amostras em função do tempo(h)									
Delta m														
Corr. p/g/m2	38.11	465.3	0	464	463	462.2	461.4	460.7	460.1	459.8	456.9			
				341	604	813	1023	1207	1364	1443	2204			
A.Z.Verf														
Delta m														
Corr. p/g/m2	37.96	451.4	0	450.5	449.8	449.3	448.7	448.3	447.8	447.5	444.8			
				237	421	553	711	817	948	1027	1739			
Beckosil														
Delta m														
Corr. p/ g/m2	35.21	410.9	0	410.5	410.2	410	409.8	409.6	409.4	409.3	407.7			
				114	199	256	312	369	426	454	909			
Funcosil d														
Delta m														
Corr. p/ g/m2	40.08	487.2	0	484.8	482.5	481.2	480.1	479.4	478.8	478.5	476			
				599	1173	1497	1771	1946	2096	2171	2794			
Herbol II														
Delta m														
Corr. p/ g/m2	35.43	423.3	0	423.2	423	422.9	422.8	422.7	422.6	422.5	421.7			
				28	85	113	141	169	198	226	452			





Tempo(h) Amostra Z.M.Verf delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	Superf(cm <sup>2</sup> )	Massa(g) das amostras em função do tempo(h)							24	
		0	1	2	3	4	5	6		7
A.Z.Verf Delta m Corr. p/g/m <sup>2</sup>	36,46	417,3 0	416,1 329	415,2 576	414,4 795	413,7 987	413,1 1152	412,5 1317	412,2 1399	408,1 2523
Beckosil Delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	37,44	447,7 0	446,9 214	446,6 294	446,4 347	446,2 401	446 454	445,8 507	445,6 561	444,3 908
Funcoasil Delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	34,98	474,2 0	473,8 114	473,5 200	473,3 257	473,1 314	472,9 372	472,7 429	472,6 457	471,3 829
Herbol II Delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	37,63	440,8 0	439,4 372	438,9 505	438,4 638	438,1 718	437,9 771	437,6 850	437,4 904	435,6 1382
Herbol II Delta m Corr. p/ g/m <sup>2</sup>	37,65	462,6 0	462,5 27	462,4 53	462,3 80	462,2 106	462,2 106	462,1 133	462 159	461,5 292

Tabela 23 - Tempo de secagem - Pedra Balegem - pag. IV.67

Tempo(h)	Superf(cm2)	Massa(g) das amostras em função do tempo(h)							24		
		0	1	2	3	4	5	6		7	
Amostra											
Herbol III											
Delta m		406.5	406.5	406.4	406.2	406.1	406	405.9	405.8	404.6	
Corr. p/ g/m2	36.98	0	0	27	81	108	135	162	189	514	
Levisicryl mat											
Delta m		454.2	454.1	453.9	453.8	453.6	453.5	453.4	453.2	452	
Corr. p/ g/m2	36.31	0	28	83	110	165	193	220	275	606	
Levisicryl											
delta m		439.6	439.5	439.5	439.4	439.4	439.4	439.2	439.2	438.7	
Corr. p/ g/m2	37.08	0	27	27	54	54	54	108	108	243	



Tempo(h) Amostra Ref. Delta m Corr. p/ g/m2	Superf(cm2)	Massa(g) das amostras em função do tempo(h)							24	
		0	1	2	3	4	5	6		7
Keim Delta m Corr. p/ g/m2	36.4	451.2 0	450.6 165	450.3 247	450.1 302	449.9 357	449.8 385	449.6 440	449.5 467	448.1 852
Beecksche Delta m Corr. p/ g/m2	37.54	402.1 0	401.5 160	401.1 266	400.7 373	400.4 453	400.1 533	399.8 613	399.6 666	396.8 1412
Makopraverf Delta m Corr. p/ g/m2	37.45	482.1 0	482.1 0	482 27	482 27	481.9 53	481.9 53	481.8 80	481.7 107	481.2 240
Herbol I Delta m Corr. p/ g/m2	38.56	464 0	464 0	463.9 26	463.8 52	463.8 52	463.7 78	463.6 104	463.5 130	462.3 441
Funcosil 1a Delta m Corr. p/ g/m2	35.24	447.9 0	447.8 28	447.7 57	447.6 85	447.5 114	447.4 142	447.3 170	447.2 199	446.1 511