U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

ESTUDO DA DETERIORAÇÃO DA PEDRA NA IGREJA DE SANTA CLARA EM VILA DO CONDE – PROPOSTA DE TRATAMENTO

ANA LUÍS FERREIRA DA COSTA LEITE

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM MATERIAIS E PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

Orientador: Professor Doutor Arlindo Jorge Sá de Begonha

FEVEREIRO DE 2008

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Professor Doutor Arlindo Begonha pela oportunidade em trabalhar num tema tão interessante e tão motivador. Agradeço também o seu empenho, paciência e sábia orientação na concretização desta dissertação.

Ao Engenheiro Costa Leite, meu querido pai, pela disponibilidade dispendida e grande ajuda na obtenção de fotografias da Igreja de Santa Clara.

Ao Dr. Hélder Guimarães do IPARR pelo importante contributo ao longo da realização deste trabalho.

Á paróquia de S. João Baptista de Vila do Conde pela cedência da chave da igreja.

Ao Sr. Fernando Hora do Laboratório de Materiais de Construção pela preciosa ajuda na recolha dos tarolos utilizados nesta dissertação.

Ao Sr. Manuel do Laboratório de Materiais de Construção pelo corte dos tarolos em provetes.

À minha família, que sempre me apoiou incondicionalmente em todos os momentos.

A todas as pessoas da Secção de Materiais e Processos de Construção que disponibilizaram os meios necessários à realização deste trabalho.

E por fim, não poderia deixar de lembrar os colegas que sempre impulsionaram a concretização deste projecto e que de forma indirecta ajudaram à sua conclusão com sucesso.

RESUMO

O presente trabalho resulta do estudo sobre a degradação das pedras graníticas na Igreja de Santa Clara em Vila do Conde. É feita uma introdução histórica do percurso do monumento, assim como uma descrição da sua arquitectura e das intervenções a que foi submetido ao longo dos tempos.

A partir da observação no local, foi possível constatar que a pedra apresenta, em determinados pontos, estados de degradação muito avançados. Procedeu-se assim a uma avaliação dos graus e tipos de deteriorações e realizaram-se as cartografias das litologias e das degradações da pedra em três zonas do monumento.

A problemática da degradação das rochas graníticas foi abordada, num contexto geral, no âmbito de estudos realizados em Portugal por diversos autores para os diversos granitos e suas deteriorações e, mais concretamente, no estudo dos granitos presentes na igreja.

O estudo do meio poroso de dois tipos de rochas graníticas empregues na Igreja de Santa Clara foi levado a efeito em vinte e três provetes com recurso aos ensaios de determinação da densidade aparente, porosidade livre às quarenta e oito horas, porometria com o porosímetro de mercúrio, absorção de água por capilaridade e evaporação. Estes ensaios permitiram determinar as características do meio poroso que condicionam a velocidade, quantidade e distância percorrida pelas soluções salinas por transferência capilar no interior das pedras, definindo assim, os locais de evaporação das soluções e, consequentemente, a cristalização dos sais solúveis presentes nas soluções salinas.

Foram também recolhidas diversas amostras para análise e identificação dos minerais constituintes do granito e dos minerais de sais solúveis presentes nas deteriorações da pedra por microscopia electrónica de varrimento e por difracção dos raios X de modo a ser possível compreender os mecanismos de degradação da pedra na Igreja de Santa Clara e a proceder a um plano de intervenção e tratamento do granito.

PALAVRAS-CHAVE: Granito, Patologia, Deteriorações da pedra, Minerais de sais solúveis, Ensaios petrofísicos.

ABSTRACT

The deterioration of the granitic stones in the Santa Clara Church situated in Vila do Conde is studied in this work, including its history, the architectonic description and the interventions it has been submitted.

In several areas of the church, the deterioration degree of the stones is very high. Therefore, the evaluation of the types and intensities of the degradations has been carried out, as well as the mapping of the several lithologies and stone deteriorations in three different areas of the monument.

The general issues concerning stone decay in the granitic rocks has been studied specially those related with deterioration in Portuguese monuments and in particular in the Church of Santa Clara.

The study of the porous network of two different granitic rocks applied in the monument has been carried out in twenty three samples using the bulk density, free porosity, mercury porosimetry, water absorption by capillarity and evaporation tests. These tests allowed the determination of the porous network characteristics that regulate the velocity, quantity and distance covered by the salt solutions by capillary transfer inside the stones, determining the location where the salt solution evaporate and, therefore, the crystallization of the soluble salts present in the salt solutions.

Several samples were collected in order to analyse and to identify the component minerals of the granite and the minerals of soluble salts present in the deteriorations, using for that purpose the X-ray diffraction and scanning electron microscopy techniques in order to understand the stone decay mechanisms in Santa Clara Church and to elaborate an intervention plan in the monument.

KEYWORDS: Granite, Pathology, Stone deteriorations, Minerals of soluble salts, Petrophysical tests

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i
RESUMO iii
ABSTRACT v

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO 2. INTERVENÇÕES REALIZADAS 9

CAPÍTULO 3. AMOSTRAGEM E METEDOLOGIA 19
3.1. AMOSTRAGEM 20
3.2. METODOLOGIA 27
3.2.1. CARTOGRAFIAS 27
3.2.2. ENSAIOS PETROFÍSICOS 27
3.2.3. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA 30

CAPÍTULO 4. CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DAS DETERIORAÇÕES DA PEDRA 33
4.1. EXTERIOR DO MONUMENTO 33
4.1.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR 33
4.1.2. PLAQUETAS 34
4.1.3. PLACAS 36
4.1.4. CROSTAS NEGRAS 36
4.1.5. COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA 37
4.1.6. JUNTAS ABERTAS E FENDAS 39
4.2. INTERIOR DO MONUMENTO 39
4.2.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR 40
4.2.2. PLAQUETAS 41
4.2.3. EFLORESCÊNCIAS 42
4.2.4. COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA 42
4.3. CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES 44

CAPÍTULO 5. ESTUDO DOS GRANITOS 49

5.1. CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DAS ROCHAS GRANÍTICAS 49

5.2. CARTOGRAFIA LITOLÓGICA 49

5.3. RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS 53

5.3.1. DENSIDADE APARENTE 54

5.3.2. POROSIDADE LIVRE ÀS QUARENTA E OITO HORAS. 55

5.3.3. POROMETRIA. 57

5.3.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE 62

5.3.5. EVAPORAÇÃO. 69

5.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS 74

CAPÍTULO 6. ESTUDO MINERALÓGICO DAS DETERIORAÇÕES 77

6.1. EXTERIOR DO MONUMENTO – PORTAL NORTE 77

6.1.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR. 77

6.1.2. PLAQUETAS 78

6.1.3. CROSTAS NEGRAS 82

6.2. INTERIOR DO MONUMENTO 85

6.2.1. DESAGREGAÇÃO GRANULAR. 85

6.1.2. EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS E DO TIPO *FLUFFY* 85

6.1.3. PLAQUETAS 98

6.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS 99

CONCLUSÕES 103

PROPOSTA DE TRATAMENTO DA PEDRA 105

ANEXO A1 109

ANEXO A2 133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Aspecto actual da Igreja de Santa Clara em Vila do Conde. 4

Figura 1.2 – Igreja de Santa Clara – vista da capela-mor e absidíolos (2008/01/25) 5

Figura 1.3 – Tectos da igreja, capela-mor e Capela dos Fundadores. 6

Figura 1.4 – Capela dos Fundadores. 7

Figura 1.5 – Túmulos dos Fundadores situados na Capela da Conceição ou dos Fundadores 7

Figura 2.1 – Planta da igreja ao nível do coro de baixo antes (a) e depois (b) das obras de reintegração efectuadas na década de 30. 10

Figura 2.2 – Trecho do coro de baixo antes dos trabalhos efectuados na década de 30 11

Figura 2.3 – Pormenor do tecto lateral da nave cruzeira antes dos trabalhos da década de 30..... 12

Figura 2.4 – Pormenor do tecto da sacristia (2007/10/18). 13

Figura 2.5 – Aspecto de um trecho da fachada Sul antes (a) e após (b) o começo dos trabalhos 13

Figura 2.6 – Aspecto de um trecho da fachada Sul, sendo visíveis as ruínas do edifício da portaria e da roda anexado à Igreja antes (a) e após (b) o começo dos trabalhos nos anos 30 do século XX.... 14

Figura 2.7 – A casa do capítulo com as ruínas do claustro antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX 15

Figura 2.8 – Vista do conjunto da fachada Sul antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX 15

Figura 2.9 – Trecho da fachada Sul antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX. 16

Figura 2.10 – Trecho da fachada nascente antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX 16

Figura 2.11 – Trecho da fachada Norte antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX 17

Figura 2.12 – Fachada poente da igreja após os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX 17

Figura 2.13 – Interior da igreja antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX 18

Figura 2.14 – Pormenor do claustro antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX 18

Figura 2.15 – Pormenor do chafariz após os trabalhos da década de 30 do século XX 19

Figura 3.1 – Tarolos que deram origem aos vinte e três provetes cilíndricos. 25

Figura 3.2 – Extracção dos tarolos da amostra ISC 26 de granito de duas micas de grão grosso (2007/10/23) 25

Figura 3.3 – Aspecto dos provetes durante o ensaio de determinação da densidade aparente e da porosidade livre às 48 horas 28

Figura 3.4 – Aspecto dos provetes no início do ensaio de evaporação. 30

Figura 4.1 – Desagregação granular na Igreja de Santa Clara. 35

Figura 4.2 – Plaquetas em silhar da parede Sul 35

Figura 4.3 – Placas na Igreja de Santa Clara 36

Figura 4.4 – Exemplos de crostas negras no Portal Sul. 37

Figura 4.5 – Exemplos da colonização biológica existente na Igreja de Santa Clara 38

Figura 4.6 – Juntas abertas e fendas na Igreja de Santa Clara 39

Figura 4.7 – Manchas de humidade em pavimentos da Igreja de Santa Clara 40

Figura 4.8 – Manchas de humidade em paredes da Igreja de Santa Claral. 40

Figura 4.9 – Desagregação granular no interior da Igreja de Santa Clara. 41

Figura 4.10 – Plaquetas no interior da Igreja de Santa Clara 42

Figura 4.11 – Formação de eflorescências pulverulentas no interior da Igreja de Santa Clara 43

Figura 4.12 – Formação de eflorescências do tipo *fluffy* no interior da Igreja de Santa Clara 43

Figura 4.13 – Desenvolvimento de algas no interior da Igreja de Santa Clara 44

Figura 4.14 – Cartografia das deteriorações da pedra do Portal Norte 45

Figura 4.15 – Cartografia das deteriorações da pedra da parede Norte do Absidíolo Sul. 46

Figura 4.16 – Cartografia das deteriorações da pedra num trecho da parede Norte da Capela-mor 47

Figura 5.1 – Tipos litológicos de granitos empregues na Igreja de Santa Clara. 50

Figura 5.2 – Tipos litológicos de aplitos empregues na Igreja de Santa Clara 50

Figura 5.3 – Cartografia dos litótipos existentes no Portal Norte 51

Figura 5.4 – Cartografia dos litótipos existentes na parede Norte do absidíolo direito. 52

Figura 5.5 – Cartografia dos litótipos existentes no colunelo da Capela-mor que marca o início da cabeceira 52

Figura 5.6 – Correlação linear obtida entre d e N_{48} nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso da Igreja de Santa Clara 57

Figura 5.7 – Correlação linear obtida entre d e N_{48} nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso e de aplito moscovítico empregues na Igreja de Santa Clara 57

Figura 5.8 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra ISC 26 de granito de duas micas de grão médio a grosso, com tendência a porfiróide, meteorizado. 60

Figura 5.9 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra ISC 27 de granito de duas micas de grão médio a grosso, com tendência a porfiróide, muito meteorizado. 60

Figura 5.10 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra ISC 28 de aplito moscovítico meteorizado 61

Figura 5.11 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra ISC 23 de aplito moscovítico meteorizado afectado por desagregação granular 61

Figura 5.12 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete ISC 1.1 de granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado 63

Figura 5.13 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete ISC 4.5 de granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, muito meteorizado. 63

Figura 5.14 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete ISC 6.3 de aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara 64

Figura 5.15 – Correlação potencial obtida entre o coeficiente de capilaridade A e N_{48} nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso e de aplito moscovítico empregues na Igreja de Santa Clara. 66

Figura 5.16 – Correlação potencial obtida entre o coeficiente de capilaridade B e N_{48} nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso e de aplito moscovítico empregues na Igreja de Santa Clara 68

Figura 5.17 – Correlação potencial obtida entre os coeficientes de capilaridade A e B nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso e de aplito moscovítico empregues na Igreja de Santa Clara 69

Figura 5.18 – Resultados do ensaio de evaporação do provete ISC 2.2 de granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado 70

Figura 5.19 – Resultados do ensaio de evaporação do provete ISC 4.5 de granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, muito meteorizado 71

Figura 5.20 – Resultados do ensaio de evaporação do provete ISC 5.1 aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara 71

Figura 6.1 – Portal Norte – Desagregação granular – imagens e espectro da halite obtidos por MEV 79

Figura 6.2 – Portal Norte – Cinza volante porosa – imagem e espectro; colonização biológica – imagens obtidos por MEV 80

Figura 6.3 – Portal Norte – Plaquetas – imagens e espectros do gesso e da halite obtidos por MEV. 81

Figura 6.4 – Portal Norte – Plaquetas – imagens da halite obtidas por MEV. 82

Figura 6.5 – Portal Norte – Crosta negra – imagens e espectro do gesso e imagens de cinzas volantes porosas obtidos por MEV 83

Figura 6.6 – Portal Norte – Crosta negra – imagens e espectro de cinzas volantes porosas e imagens do gesso obtidos por MEV 84

Figura 6.7 – Capela-mor – Desagregação granular – imagens e espectro do gesso obtidos por MEV86

Figura 6.8 – Capela-mor – Desagregação granular – imagens e espectro da halite obtidos por MEV.87

Figura 6.9 – Capela-mor – Desagregação granular – imagens da nitratite e de algas e espectro da nitratite obtidos por MEV. 88

Figura 6.10 – Absidíolo Sul – Eflorescências pulverulentas e do tipo *Fluffy* – imagens e espectro do gesso e imagens da thenardite obtidos por MEV 90

Figura 6.11 – Capela-mor/Absidíolo Sul – Eflorescências pulverulentas – imagens e espectro da thenardite obtidos por MEV 91

Figura 6.12 – Absidíolo Sul – Eflorescência do tipo *fluffy* – imagens e espectro da nitratite obtidos por MEV 92

Figura 6.13 – Absidíolo Sul – Eflorescência pulverulenta e eflorescência do tipo *fluffy* – imagens do gesso, nitratite, glauberite, thenardite e halite e espectros da glauberite e da halite obtidos por MEV.93

Figura 6.14 – Difractograma da eflorescência pulverulenta ISC11 94

Figura 6.15 – Absidíolo Sul/Capela-mor – Eflorescência pulverulenta e eflorescência do tipo *fluffy* – imagens da thermonatrite e da trona obtidas por MEV. 95

Figura 6.16 – Absidíolo Sul – Eflorescência do tipo *fluffy* – imagens da trona e thermonatrite e espectro da thermonatrite obtidos por MEV 96

Figura 6.17 – Absidíolo Sul/Capela-mor – Eflorescência pulverulenta e eflorescência do tipo *fluffy* – imagens da thermonatrite e da trona e espectro da trona obtidos por MEV 97

Figura 6.18 – Absidíolo Sul/Capela-mor – Eflorescência pulverulenta e eflorescência do tipo *fluffy* – imagens da thermonatrite e trona e imagem e espectro de cinza volante porosa obtidos por MEV 98

Figura 6.19 – Parede divisória do coro e da igreja – Plaquetas – imagens e espectro do gesso obtidos por MEV 100

Figura 6.20 – Parede divisória do coro e da igreja – Plaquetas – imagens e espectro da halite e imagens da calcite e alguma colonização biológica obtidas por MEV 101

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Classificação e descrição das amostras recolhidas na Igreja de Santa Clara 21

Quadro 3.2 – Indicação para cada tarolo, do tipo de granito, data de extracção e designação dos provetes a que deram origem e suas respectivas características geométricas..... 26

Quadro 5.1 – Resultados dos ensaios de determinação da densidade aparente (d), porosidade livre às 48 horas (N_{48}), absorção de água por capilaridade e evaporação..... 53

Quadro 5.2 – Valores dos parâmetros do ensaio de porometria realizado a quatro amostras 54

Quadro 5.3 – Valores mínimos e máximos da densidade aparente (d), obtidos em granitos de duas micas de monumentos e edifícios de Portugal..... 55

Quadro 5.4 – Valores limite da porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}) obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios de Portugal..... 56

Quadro 5.5 – Valores limite da porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}) obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal 58

Quadro 5.6 – Valores limite da razão entre a microporosidade (N_{μ}) e a porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}) obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal59

Quadro 5.7 – Valores limite dos diâmetros de acesso das principais famílias de poros de granitos de duas micas usados em monumentos e edifícios do Norte de Portugal 62

Quadro 5.8 – Valores limite do coeficiente de capilaridade A obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios de Portugal 65

Quadro 5.9 – Valores limite do coeficiente de capilaridade B obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios de Portugal 67

Quadro 5.10 – Valores limite do fluxo de evaporação q obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal 72

Quadro 5.11 – Valores limite da saturação crítica Sc obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal 73

Quadro 5.12 – Valores limite do tempo de saturação crítica tSc obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal 74

Quadro 6.1 – Minerais de sais solúveis identificados por MEV e por DRX 77

Quadro 6.2 – Portal Norte – Desagregação granular – Minerais de sais solúveis identificados por MEV78

Quadro 6.3 – Portal Norte – Plaquetas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV..... 78

Quadro 6.4 – Portal Norte – Crostas negras – Minerais de sais solúveis identificados por MEV 82

Quadro 6.5 – Capela-mor – Desagregação granular – Minerais de sais solúveis identificados por MEV85

Quadro 6.6 – Capela-mor / Absidíolo Sul – Eflorescências pulverulentas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV..... 88

Quadro 6.7 – Absidíolo Sul – Eflorescências do tipo *fluffy* – Minerais de sais solúveis identificados por MEV 89

Quadro 6.8 – Parede divisória do coro e da igreja – Plaquetas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV 98

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

M.E.V. – Miscroscopia Electrónica de Varrimento

D.R.X – Difracção por Raio X

1

INTRODUÇÃO

O Homem sentiu necessidade, desde os primórdios da civilização, de perpetuar determinados acontecimentos marcantes na história dos povos, das cidades ou de uma família importante. Pela sua abundância, propriedades mecânicas e decorativas e sobretudo pela sua durabilidade, a pedra foi o material de excelência empregue na construção de edifícios e monumentos. Antas, construções funerárias, templos, igrejas e catedrais, palácios e monumentos comemorativos de feitos importantes foram construídos com um ou mais tipos de rochas de natureza por vezes muito diversificada.

Os calcários e arenitos foram os dois tipos de rochas mais usados nas construções, dada a sua grande distribuição à superfície da Terra. Para além disso, são normalmente rochas relativamente brandas, fáceis de trabalhar pelos mestres pedreiros, possibilitando não só a edificação de grandes estruturas como as pirâmides do Egipto, mas também a execução de peças ornamentais muito pormenorizadas e por vezes extremamente delicadas.

O mármore foi amplamente utilizado por diversos povos, nomeadamente Gregos e Romanos, em palácios e templos, estruturas simultaneamente duráveis e de grande sentido estético, estando muitas vezes associado a uma afirmação de poder económico, social ou político.

As rochas ígneas foram menos aplicadas na construção por serem menos frequentes à superfície do que as rochas sedimentares e por serem mais duras e difíceis de trabalhar. Os basaltos e traquitos empregaram-se principalmente nos templos e construções pré colombianas das civilizações Maia, Asteca e Inca e em arquipélagos de ilhas vulcânicas, designadamente os Açores, Madeira, Canárias e Cabo Verde. Na Europa, o granito foi empregue em regiões simultaneamente com extensos afloramentos deste tipo de rocha e muito distantes de pedreiras de calcários e ou arenitos.

A degradação de edifícios e monumentos ao longo do tempo tem resultado em perdas muitas vezes irrecuperáveis do Património Edificado.

Em consequência da Revolução Industrial no século XVIII e sobretudo no século XX, em particular após a segunda guerra mundial, o aumento do consumo e queima de combustíveis fósseis como o petróleo e seus derivados e o carvão provocou um aumento substancial da poluição atmosférica.

A formação de ambientes muito ácidos em regiões urbanas e/ou industriais em resultado da poluição atmosférica mostrou ser extremamente prejudicial para a maioria dos monumentos construídos com rochas carbonatadas como calcários, mármores e arenitos calcários.

Os primeiros estudos sobre a deterioração da pedra em calcários, arenitos e mármores iniciaram-se na década de sessenta do século XX (Millot et al., 1967), mas foi sobretudo nas décadas de setenta e oitenta do mesmo século que se assistiu a um maior incremento destes estudos nos países mais industrializados da Europa, nomeadamente em Itália, França, Reino Unido, Alemanha, Suíça, Bélgica, Dinamarca e Espanha (Millot e Jeannette, 1975, Beaucourt, 1975, Beaucourt e Jaton, 1975, Arnold, 1976, 1978, 1984, Fassina et al, 1976, Zehnder, 1979, Jeannette, 1980, 1981, 1982, Del Monte et al., 1981, Fritz e Jeannette, 1981, Fassina et al, 1982, Amoroso e Fassina, 1983, Del Monte et al., 1984a, 1984b, Zehnder e Arnold, 1984, 1988, 1989, Arnold e Kueng, 1985, Arnold e Zehnder, 1985, 1987, 1988, 1989, Groux, 1986, Del Monte e Sabbionni, 1987, Ordaz e Esbert, 1985, Camuffo, 1988, Camuffo et al., 1988, Roekens et al., 1988, Bromblet, 1989, Roekens e Van Grieken, 1989, Saaby et al., 1989, Tabasso, 1989) e também nos Estados Unidos da América (Feddema e Meierding, 1987) e Israel (Peleg et al., 1989).

Os estudos sobre a degradação das pedras graníticas nas edificações só apareceram um pouco mais tarde em consequência de vários factores. Os monumentos graníticos situam-se em zonas mais periféricas da Europa com menores financiamentos destinados à investigação científica como o Norte e Centro de Portugal, Irlanda, Bretanha, Galiza e região de Madrid. Considerava-se ainda que o granito era um material de construção eterno devido à sua elevada resistência à compressão e baixa porosidade.

Em Portugal, os primeiros trabalhos sobre a patologia da pedra surgiram na década de setenta e oitenta do século XX, incluindo a caracterização e mecanismos de formação dos diversos tipos de deteriorações, o diagnóstico do estado de conservação da pedra e técnicas e metodologias de manutenção, conservação protecção e reabilitação da pedra. (Castro, 1974, 1977, 1979a, 1979b, 1981, 1983, 1985, 1988, Delgado Rodrigues, 1978, 1991, Delgado Rodrigues e Gil Saraiva, 1985, Castro et al., 1985, 1987, 1988, 1990a, 1990b, 1991a, 1991b, Castro e Cravo, 1987, Castro e Delgado Rodrigues, 1987, 1989a, 1989b, Delgado Rodrigues e Castro, 1989, 1990, Aires-Barros, 1991).

No entanto, os estudos sobre a patologia da pedra em granitos tiveram maior impulso em finais da década de oitenta e principalmente na década de noventa em resultado das investigações desenvolvidas no âmbito dos projectos europeus STEP CT900101, CT900107, CT900110 que incidiram essencialmente sobre o diagnóstico do estado de conservação da pedra em monumentos e edifícios graníticos do Norte de Portugal (Sequeira Braga et al., 1993, Begonha e Sequeira Braga, 1993, 1994, 1995, 1996a, 1996b, 2000, Alves et al., 1993, Alves e Sequeira Braga, 1993, 1994, 1995, 1996, Begonha et al., 1994, Begonha et al., 1995, 1996, Sequeira Braga et al., 1996, Alves et al., 1996, Begonha, 1997, Alves, 1997), Sul de Portugal (Delgado Rodrigues, 1993a, 1993b, 1993c, 1996, Pinto, 1993, Delgado Rodrigues et al., 1994, Schiavon et al., 1994, 1996, Delgado Rodrigues et al., 1996, Rosa, 1996), Galiza (Casal Porto, 1989, Casal Porto et al., 1989, Casal Porto et al., 1991, Casal Porto et al., 1992, Silva Hermo et al., 1994, Rivas Brea et al., 1994, Silva Hermo et al., 1996a, Silva Hermo

et al., 1996b), região de Madrid (Vicente et al., 1993, Vicente, 1996), Bretanha (Bernabé et al., 1995, Forte et al., 1995, Robert et al., 1996, Bernabé et al., 1996) e Irlanda (Cooper, 1989, 1993, 1994, Cooper et al., 1991, Haneef et al., 1991, Smith et al., 1993, O´Brien et al., 1993, Warke e Smith, 1994, Duffy e Perry, 1994, Jones et al., 1996, Young et al., 1996).

Mais recentemente, Teles e Begonha, 1999, Delgado Rodrigues, 2000, Begonha, 2000, 2001, 2002a, 2002b, 2002c, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2004a, 2004b, 2005, 2006, Delgado Rodrigues e Costa, 2000, Oliveira, 2001, Ferreira, 2004, Moutinho, 2005, Fojo, 2006, Begonha e Fojo, 2006 e Costa 2007 realizaram diversos estudos sobre o diagnóstico do estado de conservação da pedra e/ou o tratamento da mesma em monumentos e edifícios graníticos portugueses.

O presente estudo resulta da proposta de trabalho feita pelo Professor Arlindo Begonha relativamente ao estudo da deterioração da pedra na Igreja de Santa Clara em Vila do Conde e proposta de tratamentos.

A informação contida neste trabalho resultou:

-de diversas visitas ao monumento, efectuadas entre Março 2007 e Fevereiro de 2008;

-do levantamento fotográfico realizado;

-do estudo de caracterização mineralógica e petrofísica das rochas graníticas utilizadas na igreja;

-do estudo mineralógico das deteriorações da pedra observadas;

-do levantamento cartográfico das litologias e das deteriorações em três locais;

Vila do Conde é uma cidade situada junto à costa, na foz do Rio Ave, no distrito do Porto, estando na sua origem uma *villa romana* de extensa superfície que, começando por ser um "prédio rústico", se transformou numa povoação urbana no século XIII.

Segundo o número 14 do Boletim Monumentos da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (1938), no ano de 1318, D. Afonso Sanches, filho bastardo do rei D. Diniz, e sua mulher, D. Teresa Martins de Meneses, mandaram construir em Vila do Conde o Mosteiro de Santa Clara (Figura 1.1).

O Mosteiro de Santa Clara constitui, desde os princípios do século XIV, a principal referência arquitectónica de Vila do Conde, tendo sido construído sobre os escombros do Castro existente no monte de S. João, debruçado sobre a vila e o Ave. O facto do sítio escolhido ter sido Vila do Conde deriva de D. Teresa ser, além de Senhora de Albuquerque, ser Senhora de Vila do Conde e de muitas outras terras. Esta iniciativa de construção de um templo em Vila do Conde em meados do século XIV deve-se ao do fervor com que os príncipes e grandes senhores promoviam a difusão da cristandade e a organização de novos povoados por intermédio da fundação de igrejas e mosteiros. Sobre os motivos que realmente determinaram o facto histórico da fundação, sabe-se que em Janeiro de 1318, D. Afonso Sanches e D. Teresa, quando regressavam de Santiago de Compostela, onde tinham acompanhado D.

Diniz em peregrinação ao santuário galego, efectuaram uma paragem em Vila do Conde por forma a poderem pôr em curso os projectos por ambos pensados ao longo da romaria a Santiago de Compostela.

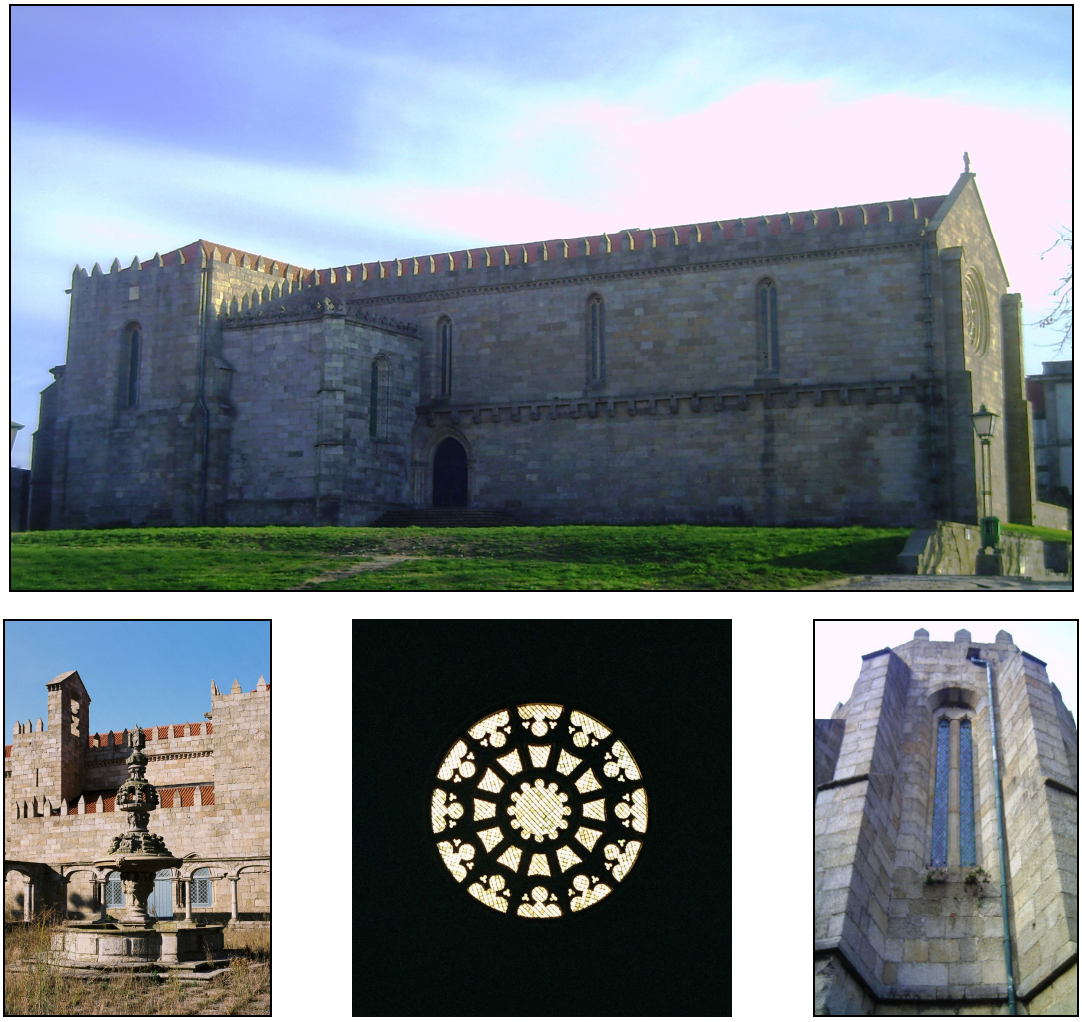


Figura 1.1 – Aspecto actual da Igreja de Santa Clara em Vila do Conde.

Não sendo esta uma versão aceite com inteira confiança, é certo que a 15 de Março de 1318, o Papa João XXII expedia a bula referente à regra do Mosteiro e, a 7 de Maio do mesmo ano, era feita a escritura de dotação que doava numerosos e valiosos bens temporais. Rico desde a sua fundação e enriquecido ao longo do tempo através de doações dos reis D. João I, D. Duarte, D. Afonso V e D. Manuel I, o mosteiro prosperou durante os primeiros séculos da sua existência.

O edifício começado pelos fundadores ficou incompleto, mas habitado, devido à morte de ambos, tendo sido concluído pelo filho D. João Afonso. A construção e ornamentação da igreja foi profundamente influenciada pelo zelo dos fundadores, tendo sido o templo distinguido como um dos melhores da Ordem.

A sua planta representa uma cruz latina, formada pela nave, o transepto e a capela-mor, tendo fundamentalmente linhas de arquitectura gótica fundida com a românica (Figura 1.2), mas pouco decoradas devido ao rigor das regras do Convento. O que subsiste de mais puro é a cabeceira, poligonal, vigorosamente estruturada e ritmada pelos salientes botaréus que reforçam tanto os flancos da ábside como dos absidíolos.



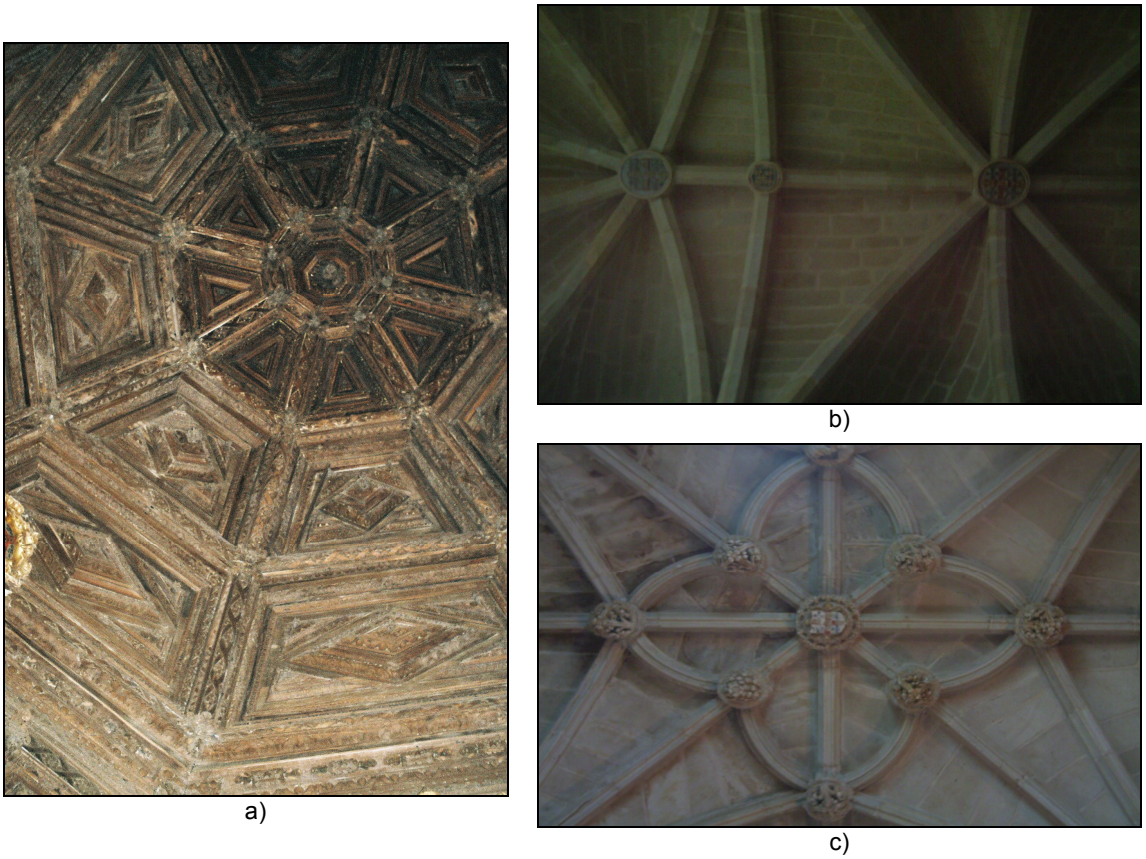
Figura 1.2 – Igreja de Santa Clara – vista da capela-mor e absidíolos (2008/01/25).

Antes da intervenção da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (1938) na década de 30 do século XX, o templo encontrava-se bastante alterado, e o pórtico ogival havia desaparecido, passando a entrada a fazer-se por uma porta secundária lateral, voltada a Norte.

Os tectos da igreja são de madeira, em caixotões (Figura 1.3a), excepto na Capela-Mor (Figura 1.3b), nas Capelas absídiais, cobertas com abóbadas de aresta, destacando-se naquela repetidamente, o brasão de D. Afonso Sanches e na Capela dos Fundadores (Figura 1.3c).

No primeiro quarto do século XVI, foi feita uma reforma no mosteiro. Requerida pelo rei D. Manuel I e autorizada em 1517 por bula do Papa Leão X. Chamada de *Observância*, consistia em providenciar saneamento ao mosteiro. Durante Este ano, devido a uma mudança de abadessa, efectuou-se o fecho os locutórios com lâminas de ferro e cortinas, de modo a que não fosse possível ver para o coro onde as freiras assistiam às cerimónias realizadas na igreja. O coro foi reduzido, dando assim espaço à igreja e, sobre esse coro, foi construído outro, o coro alto, sobreposto ao primeiro. Foi durante Este período de reforma, que a Capela da Conceição, também chamada por "Capela dos Fundadores" foi construída e que, após dois séculos sobre a data de fundação do Mosteiro, juntou ao estilo gótico da construção primitiva o gótico florido da época Manuelina (Figura 1.4).

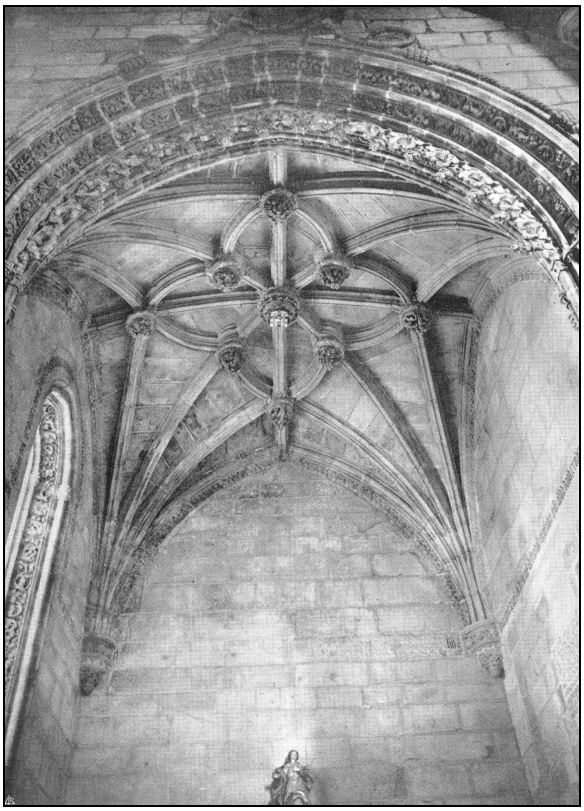
Na Capela dos Fundadores, jazem D. Teresa (Figura 1.5a) e D. Afonso Sanches (Figura 1.5b), assim como dois filhos do casal, túmulos mandados construir por D. João Afonso de Albuquerque, filho dos fundadores.



a) b) c)

Figura 1.3 – Tectos da igreja, capela-mor e Capela dos Fundadores.

Sabe-se que durante os primeiros dois séculos da existência do Mosteiro, não foram efectuadas quaisquer obras de conservação. O telhado da Capela dos Fundadores desabou, deixando a descoberto toda a parte vizinha da porta exterior e os túmulos que a enobreciam ficaram assim sujeitos às agressões climáticas. Nem mesmo durante a *Observância*, foram tomadas quaisquer medidas de reparação do telhado caído. Só mais tarde, no ano de 1524, através de uma denúncia feita ao rei D. João III, é que foram tomadas providências de modo a reparar o telhado caído. Foi então que se deu um processo de averiguação de modo a saber porque é que o telhado estivera tanto tempo sem ser reparado. Desta averiguação, resultou a construção de uma nova capela, mandada erguer pela abadessa D. Isabel de Castro de forma a compensar o seu descuido com o telhado da primeira Capela dos Fundadores.



Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (1938)



Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (1938)



Pormenor do arco – 2007/10/23

Figura 1.4 – Capela dos Fundadores.



a



b

Figura 1.5 – Túmulos dos Fundadores situados na Capela da Conceição ou dos Fundadores.

2

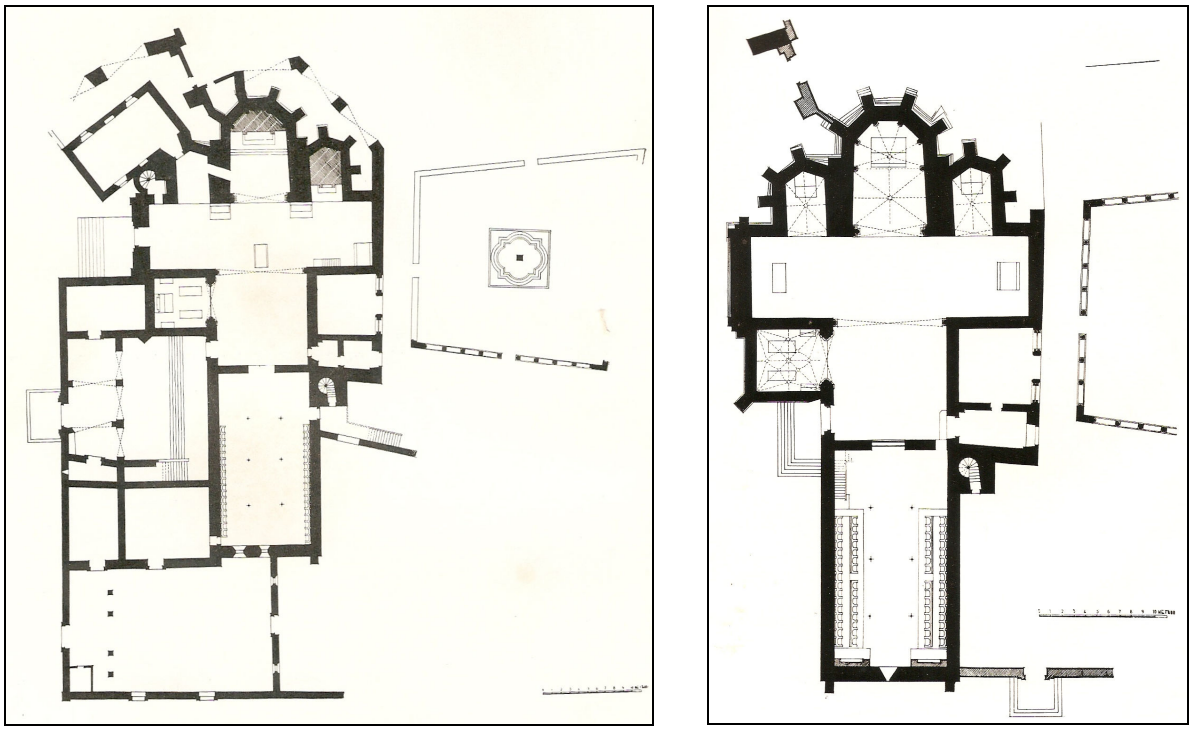
INTERVENÇÕES REALIZADAS

Segundo o número 14 do Boletim Monumentos da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (1938), o período de decadência do mosteiro começou 219 anos após a sua fundação, em 1537, aquando da tomada de posse do Mosteiro pela Casa de Bragança. Só 125 anos após esta data, em pleno século XVIII é que foi possível fazer obras de grande vulto: a que dotou o mosteiro com a fachada ainda existente e o abastecimento de água necessária ao consumo à comunidade, traduzido na construção do aqueduto de Vila do Conde. No ano de 1778, começou a reconstrução da *"nobre Domus convental"*, constituída por cinco corpos extremados por duplas pilastras e 51amplas janelas que se abrem nos seus 3 andares. No edifício central, está um frontão adornado no tímpano pelo escudo das armas reais e, no vértice, por um enorme grupo emblemático em que a figura de um elefante representa a religião. Os mestres do século XIV que participaram na construção do templo influenciaram a sua arquitectura inspirando-se na arte ogival, trabalhos que posteriormente foram ampliados por outros mestres que trouxeram a arte manuelina à capela dos fundadores.

O século XVII marca o início das obras de reparação e ampliação que foram a pouco e pouco desfigurando a arquitectura do edifício. Para além da acção erosiva dos agentes temporais, estas obras de reparação foram as que mais prejudicaram o edifício e a sua arquitectura original, não tendo sido tomada qualquer providência para manter a arquitectura da igreja, e ainda aliado a isso, o facto de o edifício ter ficado ao abandono por muito tempo, após estas obras.

No exterior, geminados da capela dos fundadores, foram construídos ao acaso e sem cuidado estético, os mais variados edifícios (Figura 2.1). Unidos, aglomerados de encontro às naves e à ábside, desfiguravam e ocultavam a arquitectura da igreja e todos os problemas estruturais e estéticos que a mesma apresentava. Por detrás desta barreira de casebres, a fachada Norte e grande parte da ábside e absidíolos (Figura 2.1) apenas eram visíveis nos lanços superiores, perto da linha das cornijas.

Na fachada Sul, as numerosas construções acessórias acumuladas ao longo dos anos foram sendo destruídas, apenas restando ruínas e vários montes de pedras e caliça da vizinha casa do capítulo, aquando do inicio dos trabalhos levados a efeito pela Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (1938).



a) b)

Figura 2.1 – Planta da igreja ao nível do coro de baixo antes (a) e depois (b) das obras de reintegração efectuadas na década de 30.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)

Existia também um lanço de arcos abatidos sobre pilares cilíndricos e outros já em ruínas, que em tempos formavam o claustro localizado entre a igreja e o convento. No centro, coberto por algumas lajes, localizava-se a fonte do mosteiro, rica em ornamentos esculturais.

Muitas das janelas, umas simples e outras geminadas, haviam sido substituídas por janelas rectangulares no século XVII. Apenas a capela dos fundadores não sofreu qualquer alteração, somente porque um dos casebres construídos junto ás paredes da capela dos fundadores encobria-a até à altura das cornijas, ocultando completamente as elegantes janelas que haviam sido abertas no século XVI, sendo pois inútil a sua substituição pelas rectangulares. Ainda assim, as janelas da capela dos fundadores haviam sido destruídas, tendo sido toda a parte exterior de pedra completamente despedaçada devido à necessidade de apoio do edifício que as tapava.

O portal da fachada Norte, tapado pelo mesmo edifício e que originalmente era um arco gótico, havia sido modificado, tendo sido destruídos os capitéis e os pilares que sustentavam as respectivas arquivoltas, introduzindo-se à força, no largo vão assim ampliado, os umbrais e a padieira de uma nova porta de abertura rectangular, irmã gémea do janelão que, na parte superior da mesma parede, substituíra a janela geminada que ali existia.

Grande parte das ameias medievais que coroavam as paredes das naves em toda a sua extensão tinham desaparecido e a torre primitiva, encabeçada apenas por uma empena sineira e por um parapeito

ameado que se erguia em torno das lajes do seu terraço, além de ter sido aumentada em altura, transformara-se num campanário de linhas arcaicas sem estética arquitectónica definida.

Os telhados, degradados pelas chuvas e infiltrações de água, davam sinais de desabamento. Foi necessário demolir e reconstruir grande parte das fachadas Norte e Sul, realçar a fachada principal e as paredes da torre, de modo a garantir a segurança e estabilidade das paredes de alvenaria. Do telhado nada se pôde aproveitar. Substituíram-se assim por coberturas de telha nacional dupla as coberturas da igreja, capela dos fundadores e da casa capitular.

No interior, eram visíveis os numerosos vestígios deixados ao longo de séculos pelas obras realizadas. Os altares, as guarnições de madeira entalhada e os rebocos encobriam parcialmente a cantaria lisa das paredes e tudo o que representava a arte ornamental primitiva. Os dois coros, o superior e o inferior, estavam em completa ruína (Figura 2.2).

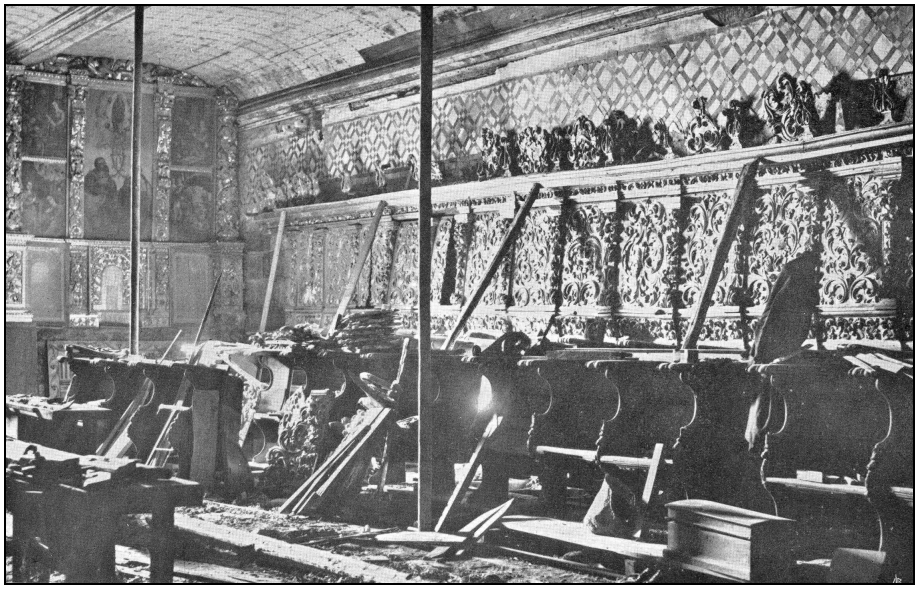


Figura 2.2 – Trecho do coro de baixo antes dos trabalhos efectuados na década de 30. (Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)

Segundo o número 14 do Boletim Monumentos da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (1938), apenas foi possível resgatar parte dos cadeirais que foram integralmente restaurados, alguma talhas que adornavam as paredes e os tectos de madeira esculpida. Os tectos, todos em caixotões datados do século XVII, encontravam-se desmantelados e em risco de perda completa (Figura 2.3).

No edifício anexo à ábside que servia de sacristia (lado Norte) foi encontrado um tecto idêntico, provavelmente da mesma data, que, após a demolição desse mesmo edifício, foi transferido para a casa do capítulo (Figura 2.4).

A Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais procedeu a diversas intervenções na década de 30 do século XX. A igreja foi objecto de uma profunda intervenção de reabilitação e restauro à luz das teorias da época, procurando-se reconstruir o imóvel, então bastante arruinado, preenchendo-se lacunas e libertando-se a igreja de todos os elementos considerados não uniformes ao seu estilo original.

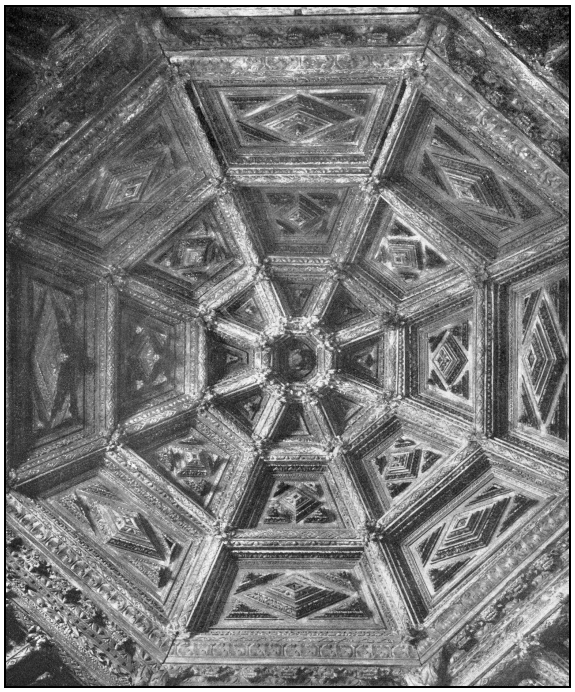


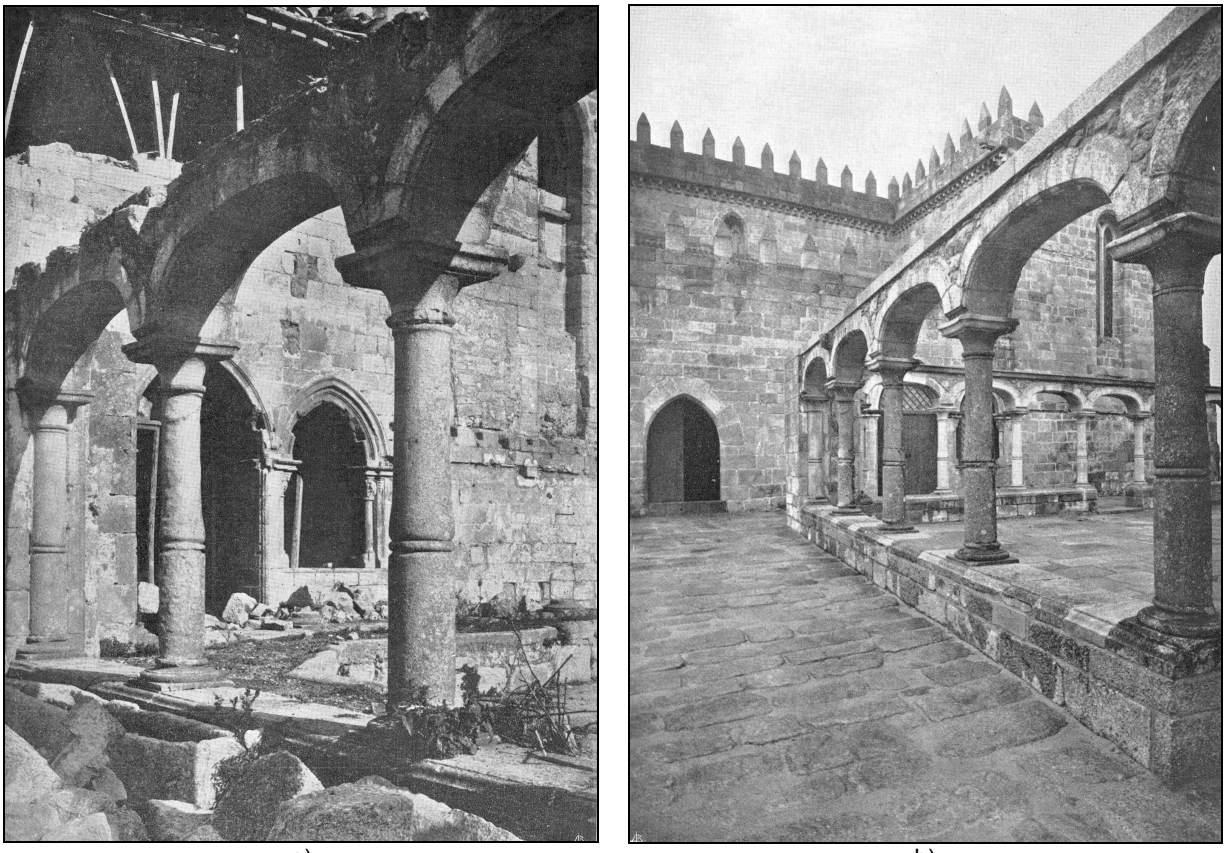
Figura 2.3 – Pormenor do tecto lateral da nave cruzeira antes dos trabalhos da década de 30. (Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)

Assim, segundo o número 14 do Boletim Monumentos da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (1938) e atendendo apenas às obras realizadas com a pedra, demoliram-se as ruínas da fachada voltada para o claustro (Figura 2.5), as ruínas do edifício da portaria e da roda anexado à Igreja, visto ser inútil e até prejudicial à arquitectura inicial a sua conservação (Figura 2.6) e também algumas das paredes em ruínas que ligavam o extinto convento à igreja (Figura 2.7).

Foram realizados o restauro e consolidação das janelas e porta da casa capitular, demoliu-se o telhado da casa do capítulo que estava em ruínas e construiu-se outro, convenientemente disposto, para deixar descoberta uma das janelas primitivas e resguardar o órgão da igreja. (Figura 2.8).



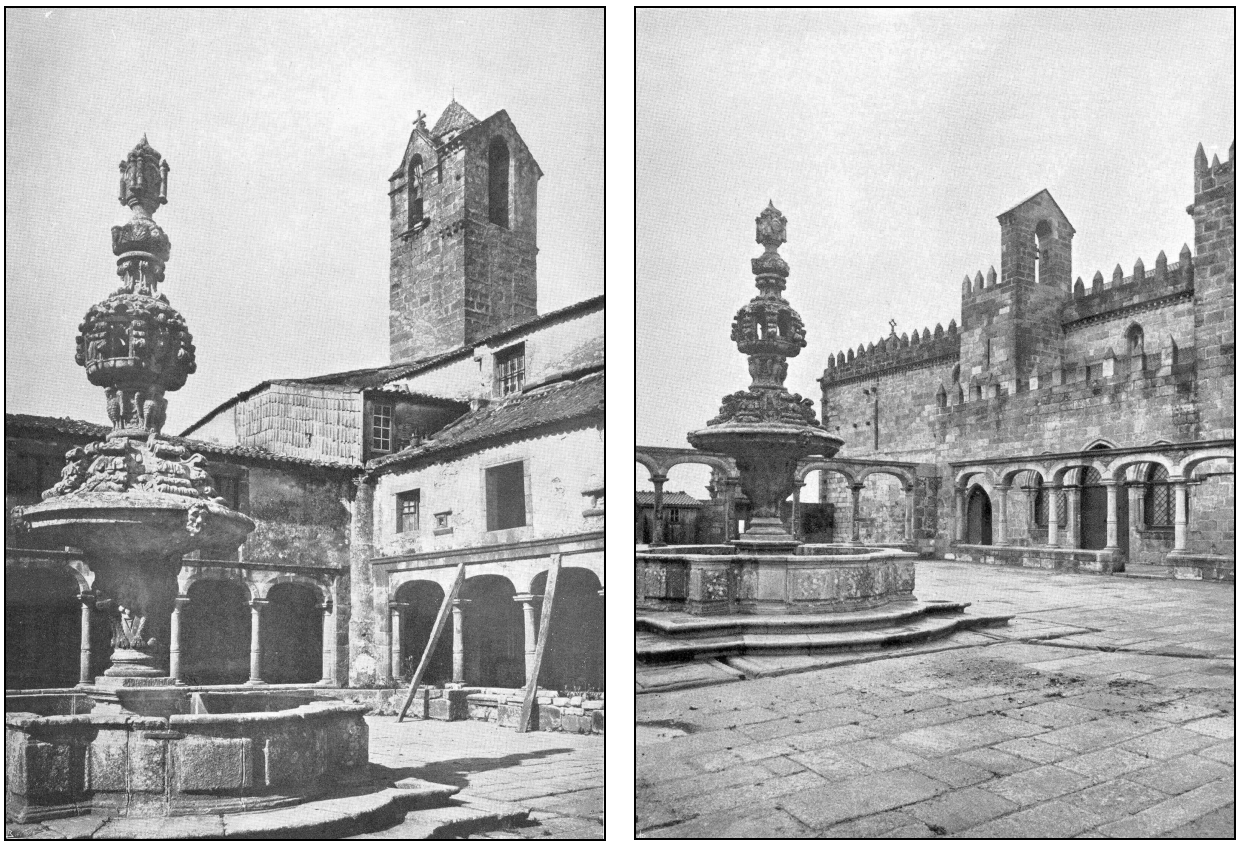
Figura 2.4 – Pormenor do tecto da sacristia (2007/10/18).



a) b)

Figura 2.5 – Aspecto de um trecho da fachada Sul antes (a) e após (b) o começo dos trabalhos.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938

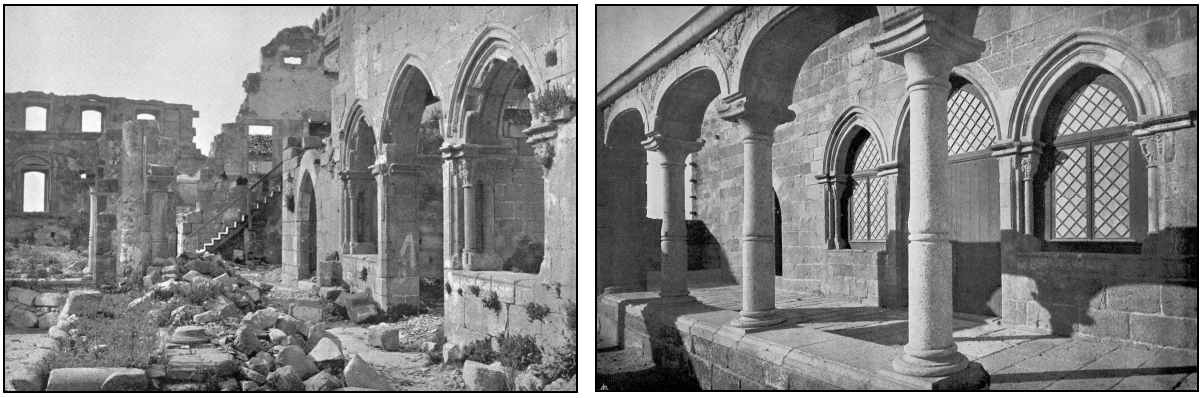
Procedeu-se à demolição do edifício, também desmantelado, que entaipava toda a fachada do Norte e a capela dos fundadores, fez-se o apeamento da torre sineira e a reconstituição do campanário primitivo, com sua empena, patim descoberto e parapeito ameado (Figura 2.9), demoliu-se o anexo à sacristia, construído junto da ábside (lado Norte), com prévio desmonte do respectivo tecto de caixotões, que foi colocado, depois de longo e minucioso trabalho de adaptação, na sala do capítulo, para onde se transferiu também a sacristia. Procedeu-se à demolição de alguns dos últimos arcos do aqueduto, já muito arruinados, que ocultavam, sem nenhuma vantagem, grande parte da ábside (Figura 2.10) e foi reconstruída toda a armação do telhado, cobertura geral da igreja com telha nacional dupla e travamento de paredes e tectos por meio de tirantes e anéis encobertos, de betão armado.



a) b)

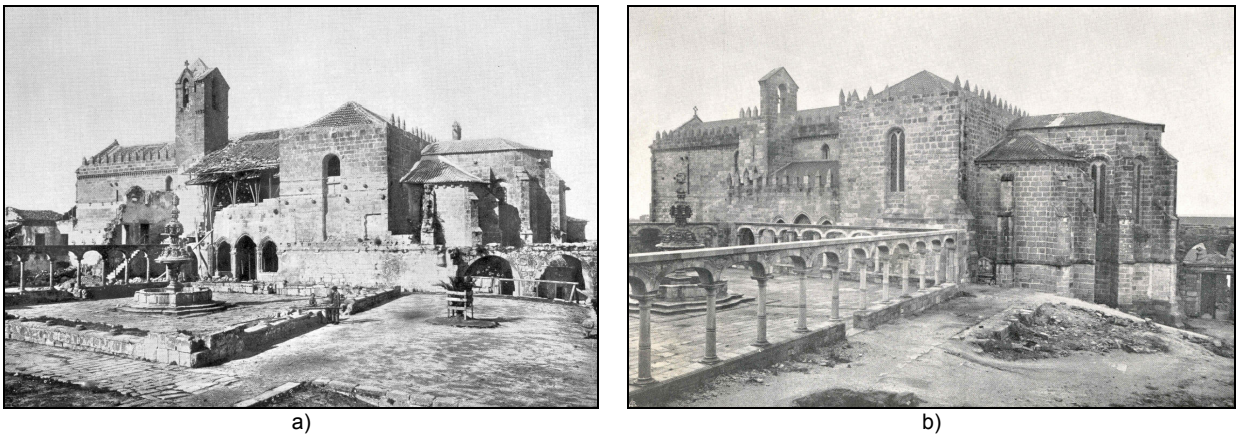
Figura 2.6 – Aspecto de um trecho da fachada Sul, sendo visíveis as ruínas do edifício da portaria e da roda anexado à Igreja antes (a) e após (b) o começo dos trabalhos nos anos 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)

Grande parte das fachadas Norte e Sul da igreja foram apeadas, seguida da reconstrução completa das mesmas tendo sido colocadas todas as antigas janelas escrupulosamente reconstruídas segundo os elementos primitivos que se puderam salvar (Figura 2.11).



a) b)

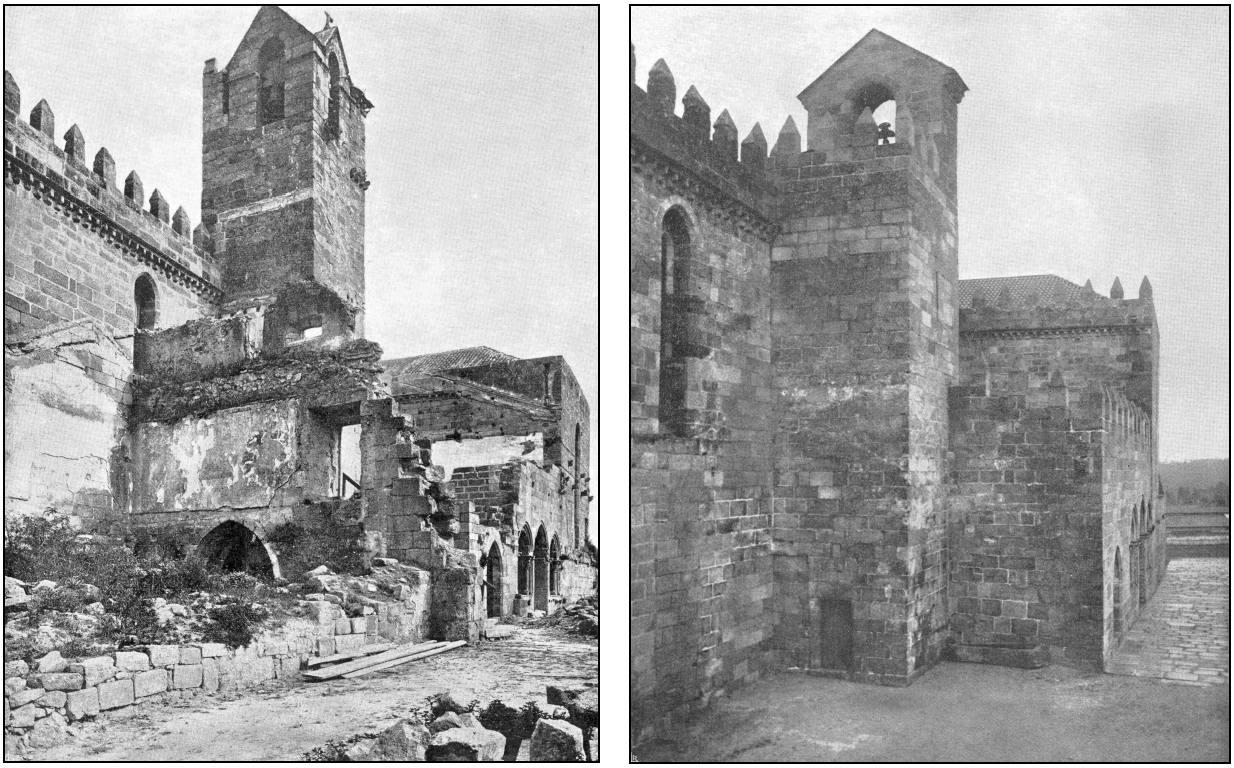
Figura 2.7 – A casa do capítulo com as ruínas do claustro antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)



a) b)

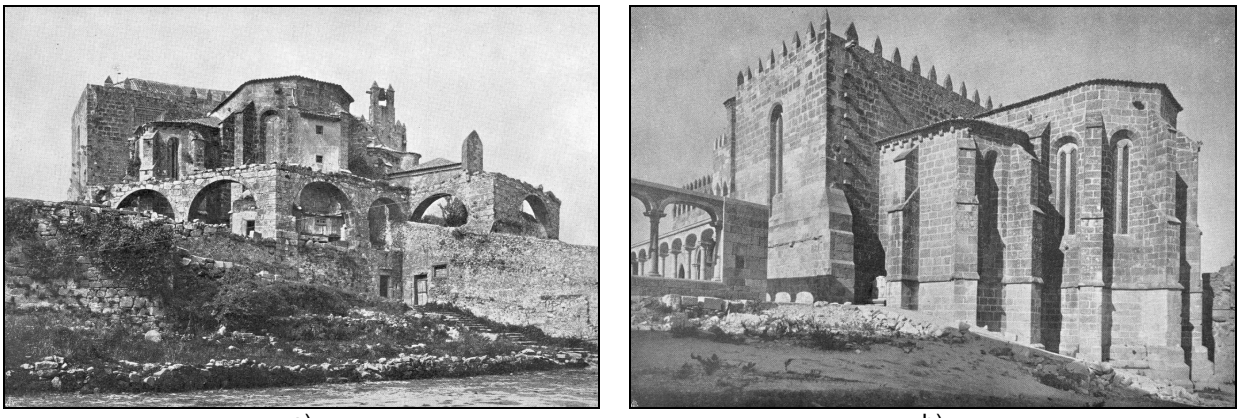
Figura 2.8 – Vista do conjunto da fachada Sul antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)

Recalçou-se a base da torre com reposição de toda a antiga cantaria apicoada e à fiada, os contrafortes dos cunhais da igreja e de toda a fachada principal, onde eram evidentes e inquietantes os sinais de ruína). Na fachada, assim consolidada, foi reaberta e reconstruída a antiga rosácea, que alguns elementos primitivos, por fortuna encontrados, permitiram reconstruir (Figura 2.12). Reconstituiu-se o primitivo pórtico da fachada Norte, depois de apeada a grosseira porta rectangular que fora violentamente introduzida sob as aduelas do seu arco ogival (Figura 2.11). Rebaixou-se todo o pavimento da igreja até ao nível do primitivo e foi feito o seu revestimento com lajes de granito apicoado e tijolo (Figura 2.13).



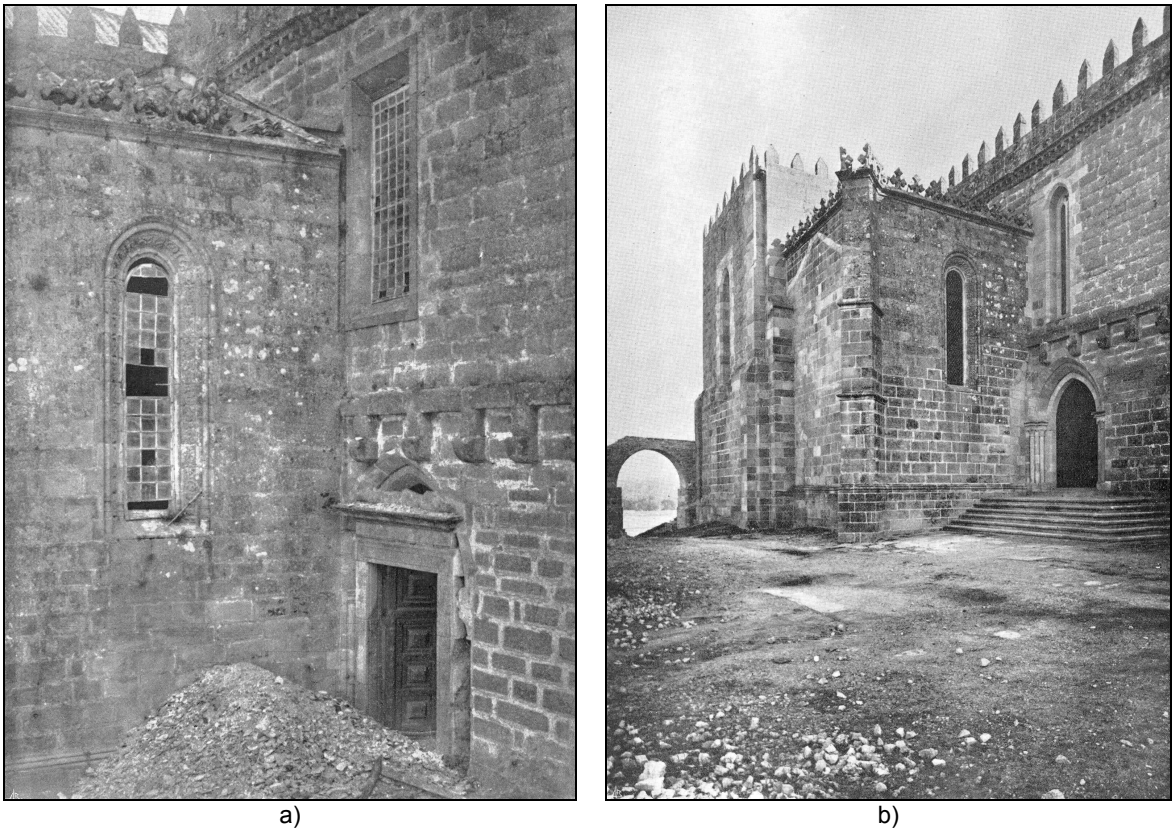
a) b)

Figura 2.9 – Trecho da fachada Sul antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)



a) b)

Figura 2.10 – Trecho da fachada nascente antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)



a) b)

Figura 2.11 – Trecho da fachada Norte antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)

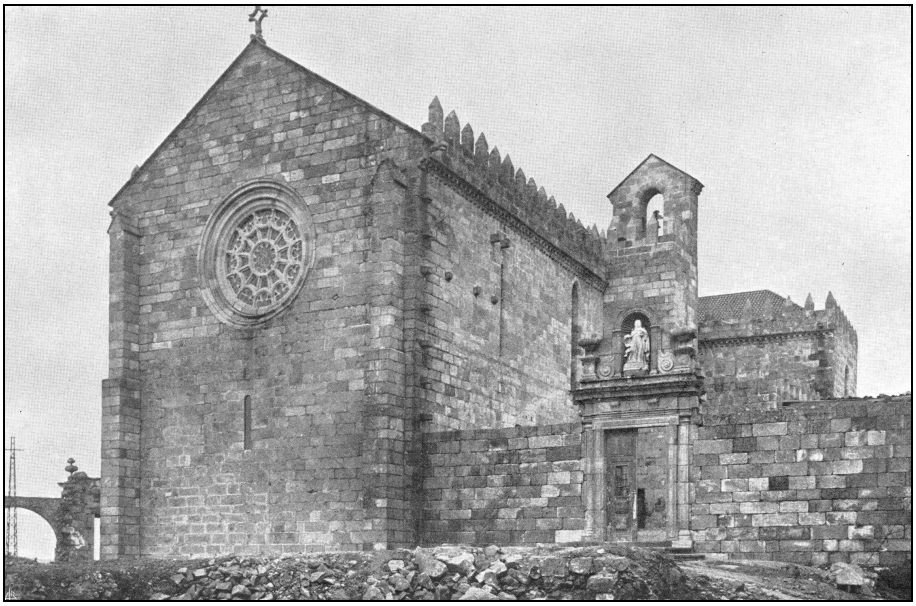
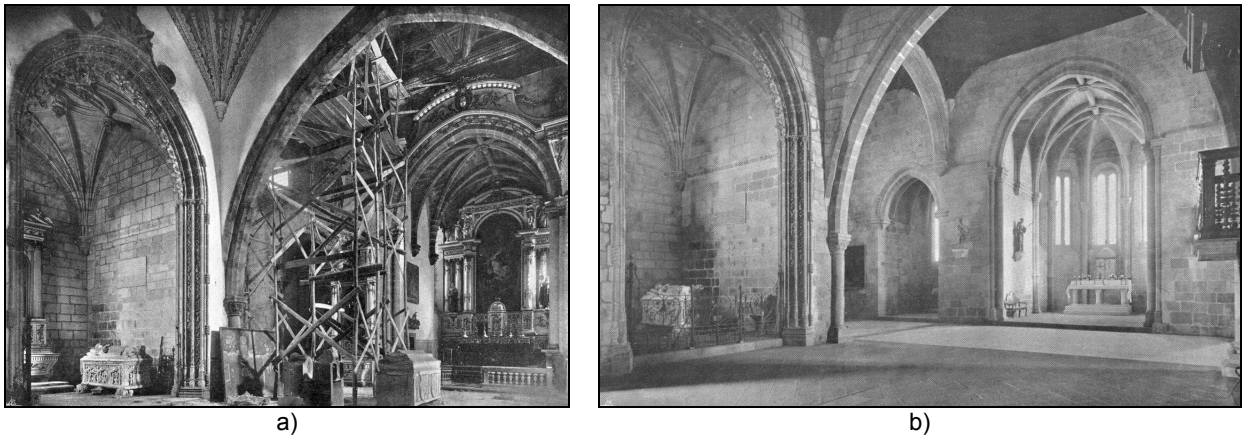


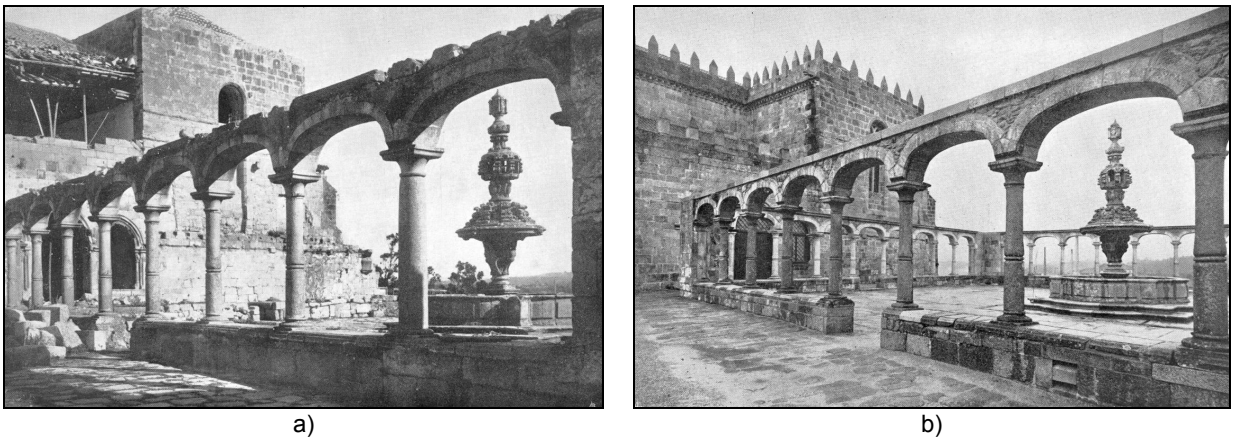
Figura 2.12 – Fachada poente da igreja após os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)



a) b)

Figura 2.13 – Interior da igreja antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)

Entaipou-se com cantaria apicoada na parte exterior, a porta que modernamente se abrira, para fazer a comunicação do coro de baixo com a cerca, reconstruiu-se toda a parte exterior da capela dos fundadores, que um dos edifícios anexados à igreja tinha ocultado inteiramente, depois de as destruir com o encaixe das respectivas paredes (Figura 2.11). Fez-se o restauro cuidadoso das janelas e da porta da sala do capítulo (Figura 2.7), incluindo a construção e o assentamento de caixilharias e vitrais, assim como o entaipamento com cantaria apicoada da porta aberta no topo Norte da nave cruzeira. Restaurou-se parcialmente a janela geminada que ilumina o extremo Sul da mesma nave e demoliram-se as janelas rectangulares construídas no século XVII, substituídas (Figura 2.8) por janelas geminadas do tipo primitivo, tanto no topo Norte da nave cruzeira como na face Norte da nave principal. Colocaram-se todas as ameias que em grande número, faltavam no corpo da igreja e dois lanços de arcadas do claustro, em harmonia com a arcada existente (Figura 2.14), assim como foi feito o lajeamento de toda a quadra limitada pelas mesmas arcadas. Reconstituiu-se e consolidou-se o chafariz (Figura 2.15), em condições de funcionamento, apeou-se cuidadosamente e mudou-se o portal de Santa Clara para a actual entrada do claustro (Figura 2.5b). Fez-se o apeamento cuidadoso e a mudança do portal Norte para a futura entrada da antiga cerca. Beneficiaram-se e restauraram-se os vinte arcos do aqueduto, no troço junto da igreja (Figura 2.10).



a) b)

Figura 2.14 – Pormenor do claustro antes (a) e após (b) os trabalhos de reabilitação efectuados na década de 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)



Figura 2.15 – Pormenor do chafariz após os trabalhos da década de 30 do século XX.
(Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, 1938)

3

AMOSTRAGEM E METEDOLOGIA

As diversas patologias da pedra existentes em monumentos dependem essencialmente das características do meio poroso das rochas. Estas características condicionam a velocidade, quantidade e distância percorrida pelas soluções salinas por transferência capilar no interior das pedras, definindo assim, os locais de evaporação das soluções e, consequentemente, a cristalização dos sais solúveis presentes nas soluções salinas.

O meio poroso é caracterizado através da sua geometria, dimensão dos poros e grau de interligação da rede porosa, que possibilitam que as transferências capilares assegurem um fluxo excedentário relativamente à evaporação, permitindo assim a cristalização de sais à superfície das pedras; ou, pelo contrário, que as transferências capilares condicionem um fluxo deficitário, conduzindo à cristalização de sais no interior das pedras (Rossi-Manaresi e Tucci, 1991; Freitas, 1992; Jeannette e Hammecker, 1992; Jeannette e Hammecker 1993; Hammecker, 1993; Fitzner et al., 1996a, Begonha, 2001).

Os primeiros estudos das características do meio poroso incidiram sobre calcários e arenitos, entre os quais os realizados por Castro (1974, 1981), Castro et al. (1990a), Rodriguez-Rey et al. (1990), Mertz (1991), Atzeni et al. (1991), Hammecker et al. (1992), Meng (1992, 1993), Hammecker (1993), Hammecker et al. (1993), Ordóñez et al. (1995) e Fitzner et al. (1996a) e sobre mármores (Accardo et al., 1978; Castro, 1988, entre outros).

À excepção do trabalho precursor de Castro (1979a), só recentemente foram estudadas as características do meio poroso dos granitos por Castro et al. (1988, 1990b, 1991a, 1991b), Kobranova (1989), Casal Porto (1989), Alves et al. (1993), Vicente et al. (1993), Pinto (1993), Delgado Rodrigues (1993a, 1993b), Jeannette e Hammecker (1993), Begonha et al. (1994), Alves e Sequeira Braga (1994, 1995), Pinto et al. (1994), Pérez-Ortiz et al. (1994), Fort et al. (1995), Sousa (1996), Alves et al. (1996), Vicente (1996), Sequeira Braga et al. (1996), Delgado Rodrigues et al. (1996), Rosa (1996), Alves (1997), Begonha (2000, 2001, 2002a, 2002b, 2002c, 2003a, 2003b, 2004b), Ferreira (2004), Moutinho (2005) e Begonha e Fojo (2006).

No presente capítulo, é estudado o meio poroso das pedras graníticas da Igreja de Santa Clara em Vila do Conde em amostras retiradas de seis taloros de três pedras soltas situadas no claustro no lado oposto à fachada Sul da Igreja. No Quadro 3.1 apresentam-se a descrição sumária das amostras e

respectiva classificação. Para o estudo das propriedades físicas de dois tipos de rochas graníticas, utilizaram-se as técnicas dos ensaios de determinação da densidade aparente, porosidade livre às quarenta e oito horas, porometria com o porosímetro de mercúrio, absorção de água por capilaridade e evaporação.

Com o objectivo de estudar as degradações da pedra presentes na Igreja de Santa Clara, foram recolhidas diversas amostras para análise dos minerais constituintes da pedra de granito e dos minerais de sais solúveis presentes nas deteriorações da pedra. Para tal, utilizou-se a técnica de microscopia electrónica de varrimento.

3.1 – AMOSTRAGEM

A amostragem efectuou-se no local em vários dias. No total, recolheram-se vinte e oito amostras de deteriorações designadas por ISC 01 a ISC 25 e ISC 29 a ISC 31 e seis taloros de três pedras soltas (ISC 26 a ISC 28) situadas no claustro no lado oposto à fachada Sul da Igreja.

No Portal Norte, retiraram-se quatro amostras de desagregação granular (ISC 16, ISC 17, ISC 19 e ISC 20), uma de plaquetas (ISC 18) e uma de crosta negra (ISC 21). No Portal Sul foram recolhidas uma amostra de crosta negra (ISC 29) e uma amostra de plaquetas (ISC 30). Na parede Oeste do interior da igreja, recolheu-se uma amostra de plaquetas (ISC 24). Na parede entre a Capela dos Fundadores e o transepto, foram recolhidas uma amostra de desagregação granular (ISC 15) e uma amostra de plaquetas (ISC 31). Na capela-mor, recolheram-se seis amostras de desagregação granular (ISC 08, ISC 09, ISC 10, ISC 12, ISC 13 e ISC 14), uma de eflorescência *fluffy* (ISC 11) e uma de eflorescência branca pulverulenta (ISC 03). Na parede oeste entre a capela-mor e o absidíolo da direita foi recolhida uma amostra de desagregação granular (ISC23) e duas de eflorescências brancas pulverulentas (ISC 01 e ISC 02). No absidíolo da direita foram recolhidas quatro amostras de eflorescências, uma *fluffy* (ISC 04) e três pulverulentas (ISC 05, ISC 06 e ISC 07). Na sacristia foram recolhidas duas amostras, uma de desagregação granular (ISC 25) e outra de um fragmento de aplito (ISC 22).

No Quadro 3.1 apresentam-se a descrição sumária das amostras, respectiva classificação bem como a sua localização, orientação, cota e data de amostragem.

Cortaram-se seis taroles com cerca de 4,52 cm de diâmetro (Figura 3.1) perpendicularmente à superfície de três pedras, ISC 26, ISC 27 e ISC 28, com a ajuda de uma máquina Hilti DD-160E do Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção (LEMC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, equipada com coroas diamantadas (Figura 3.2). Dos seis taroles retirados, obtiveram-se dois de uma pedra de granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado (ISC 26), dois de uma pedra do mesmo tipo de granito mas muito meteorizado (ISC 27) e dois de uma pedra de aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara (ISC 28).

Quadro 3.1 – Classificação e descrição das amostras recolhidas na Igreja de Santa Clara.

Amostra	**Classificação / descrição**	**Local**	**Orientação da amostra**	**Cota acima do pavimento (★) (m)**	**Data de amostragem**
ISC 01	Eflorescência branca, pulverulenta formada sobre granito, recolhida com pincel.	ENTRE A CAPELA-MOR E O ABSIDÍOLO DA DIREITA	OESTE	0,50 a 0,60	2007/03/07
ISC 02	Eflorescência branca, pulverulenta formada sobre granito, retirada sobre a junta de argamassa que delimita a pedra de granito de onde foi retirada a amostra ISC 01. Recolhida com pincel.		OESTE	0,70	2007/03/07
ISC 03	Eflorescência branca, pulverulenta, formada sobre granito. Recolhida com pincel.	CAPELA-MOR	SUL	0,50 a 0,60	2007/03/07
ISC 04	Eflorescência branca de tipo *fluffy*, formada sobre o granito e a junta de argamassa de cimento. Recolhida com pincel.	ABSIDÍOLO DA DIREITA	SUL	1,50 a 1,65	2007/03/07
ISC 05	Eflorescência cinzenta clara pulverulenta, formada sobre o granito e a junta de argamassa de cimento. Retirada apenas sobre a argamassa de cimento. Recolhida com pincel.		SUL	1,48	2007/03/07
ISC 06	Eflorescência pulverulenta, retirada no meio da pedra de granito de onde se obtiveram as amostras ISC 04 e ISC 05. Recolhida com pincel.		SUL	0,96	2007/03/07
ISC 07	Eflorescência pulverulenta retirada do contacto da argamassa de cimento com a pedra. Recolhida com pincel.		SUL	0,50 a 0,60	2007/03/07
ISC 08	Amostra de desagregação granular de forte intensidade, recolhida em pedra de granito de grão médio, de cor bege acinzentado. A pedra apresenta algumas eflorescências pulverulentas de cor branca no contacto com a junta. As eflorescências aderem fortemente à pedra. A pedra está envolvida por argamassa de cimento colocada sobre argamassa de cal. Recolhida com escova de nylon.	CAPELA-MOR	NORTE	1,10 a 1,25	2007/03/07
ISC 09	Amostra de desagregação granular. Pedra da quarta fiada. As pedras da primeira e segunda fiadas estão completamente revestidas por eflorescências cinzentas pulverulentas. Recolhida com escova de nylon.		NORTE	1,10 a 1,30	2007/03/07

Quadro 3.1 – Classificação e descrição das amostras recolhidas na Igreja de Santa Clara (continuação).

Amostra	**Classificação / descrição**	**Local**	**Orientação da amostra**	**Cota acima do pavimento (★) (m)**	**Data de amostragem**
ISC 10	Amostra de desagregação granular de forte intensidade de granito porfiróide de grão grosso de cor bege acinzentada. Retirada da pilastra da parede Norte que marca o início da cabeceira. Recolhida com escova de nylon.	CAPELA-MOR	OESTE	1,70 a 1,90	2007/03/07
ISC 11	Amostra de eflorescência de tipo *fluffy*, de cor acinzentada, retirada no encontro da pilastra com a parede Norte. Recolhida com pincel.		SUL	0,20 a 0,30	2007/03/07
ISC 12	Amostra de desagregação granular de média intensidade, de cor amarelada, obtida da pedra da terceira fiada da pilastra intermédia da parede Norte. Recolhida com escova de nylon.		SUL	0,50 a 0,70	2007/03/07
ISC 13	Amostra de desagregação granular de média intensidade, de cor amarelada, obtida da pedra da quinta fiada da pilastra intermédia da parede Norte. Recolhida com escova de nylon.		SUL	1,10 a 1,50	2007/03/07
ISC 14	Amostra de desagregação granular de fraca intensidade, de cor amarela acinzentada, retirada da pedra da sétima fiada da pilastra intermédia da parede Norte. Recolhida com escova de nylon.		SUL	1,70 a 1,95	2007/03/07
ISC 15	Amostra de desagregação granular de forte intensidade. Recolhida com pinça.	ENTRE A CAPELA DOS FUNDADORES E O TRANSEPTO	ESTE	0,68	2007/03/07
ISC 16	Amostra de desagregação granular de média a forte intensidade, sobre coluna de aplito moscovítico de cor acinzentada muito clara Recolhida no lado direito do portal para quem está de frente. Retirada com escova de nylon.	PORTAL NORTE	NORTE	0,7 a 1,0	2007/04/20

Quadro 3.1 – Classificação e descrição das amostras recolhidas na Igreja de Santa Clara (continuação).

Amostra	**Classificação / descrição**	**Local**	**Orientação da amostra**	**Cota acima do pavimento (★) (m)**	**Data de amostragem**
ISC 17	Amostra de desagregação granular de forte intensidade obtida em granito de duas micas, de grão médio, por vezes com tendência porfiróide, com mega cristais raros e com raros xenólitos, mais ou menos orientados. Retirada entre as duas colunas do lado direito para quem está de frente. Queda abundante de material. Recolhida com escova de nylon.	PORTAL NORTE	NORTE	1,90 a 2,10	2007/04/20
ISC 18	Amostra de plaquetas afectadas por forte desagregação granular e com queda abundante de material pétreo. Amostra retirada na pedra do fecho do arco interior do lado direito, sobre aplito bege, com elevado número de turmalinas. Recolhida com fita métrica metálica.		NORTE	4,06 a 4,19	2007/04/27
ISC 19	Amostra de desagregação granular com queda abundante de material pétreo. Retirada da terceira pedra a contar do fecho do arco interior, sobre aplito bege com elevado número de turmalinas. Recolhida com escova de nylon.		NORTE	3,47 a 3,67	2007/04/27
ISC 20	Amostra de desagregação granular de forte intensidade e abundante queda de material pétreo de granito de duas micas de grão médio, por vezes com tendência porfiróide. Retirada do arco do meio, na primeira pedra acima do capitel. Recolhida com escova de nylon.		NORTE	2,88 a 2,98	2007/04/27
ISC 21	Amostra de crosta negra retirada sobre granito de duas micas, de grão médio, por vezes com tendência porfiróide, com mega cristais raros e com raros xenólitos mais ou menos orientados. Retirada do arco exterior, do lado direito na terceira pedra acima do capitel. Recolhida com pinça metálica.		NORTE	3,53 a 3,58	2007/04/27
ISC 22	Fragmento de aplito meteorizado recolhido na sacristia na fachada Sul da igreja sobre capitel esquerdo da janela a Este do portal Sul. Recolhida à mão.	SACRISTIA	NORTE	2,00 a 2,05	2007/10/18

Quadro 3.1 – Classificação e descrição das amostras recolhidas na Igreja de Santa Clara (continuação).

Amostra	**Classificação / descrição**	**Local**	**Orientação da amostra**	**Cota acima do pavimento (⋆) (m)**	**Data de amostragem**
ISC 23	Amostra de fragmentos de aplito moscovítico, meteorizado, de cor cinzenta muito clara, afectado por desagregação granular de média intensidade. Recolhida com espátula.	ENTRE A CAPELA-MOR E O ABSIDÍOLO DA DIREITA	OESTE	1,72 a 1,78	2007/10/23
ISC 24	Amostra de plaquetas, situada um pouco à esquerda da pia de água benta para quem está de frente para a mesma. Recolhida com pinça metálica.	PAREDE DIVISÓRIA DA IGREJA E DO CORO	ESTE	1,30 a 1,70	2007/10/23
ISC 25	Amostra de desagregação granular de média intensidade. Recolhida à mão.	SACRISTIA	NORTE	1,82 a 1,86	2007/10/23
ISC 26	Pedra de granito de duas micas, de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado.	CLAUSTRO ALA SUL			2007/10/23
ISC 27	Pedra de granito de duas micas, de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado.				2007/10/23
ISC 28	Pedra de aplito, moscovítico, meteorizado, de cor cinzenta muito clara.				2007/10/23
ISC 29	Amostra de crosta negra retirada sobre aplito, no capitel mais à esquerda do portal Sul para quem está de frente para o mesmo. Recolhida com canivete.	PORTAL SUL	SUL	2,20 a 2,50	2007/01/25
ISC 30	Amostra de plaqueta retirada sobre granito porfiróide de grão grosso de cor bege acinzentada, situada na segunda fiada abaixo da janela esquerda do portal Sul para quem está de frente para o mesmo. Recolhida com canivete.		SUL	0,45 a 0,65	2007/01/25
ISC 31	Amostra de plaquetas recolhida sobre granito porfiróide de grão grosso de cor bege acinzentada.	ENTRE A CAPELA DOS FUNDADORES E O TRANSEPTO	ESTE	1,20 a 1,40	2007/01/25

(⋆) – A não ser que venha especificado, as cotas dizem respeito aos pavimentos e não a degraus

A partir dos seis tarolos, obtiveram-se vinte e três provetes cilíndricos com cerca de seis centímetros de altura. Cada tarolo foi dividido em três, quatro ou cinco provetes. O Quadro 3.2 apresenta a data de amostragem e o tipo de granito de onde foram extraídos os seis tarolos e a correspondente designação, altura e diâmetro dos provetes cilíndricos associados.



Figura 3.1 – Tarolos que deram origem aos vinte e três provetes cilíndricos.





Figura 3.2 – Extracção dos tarolos da amostra ISC 26 de granito de duas micas de grão grosso (2007/10/23).

Quadro 3.2 – Indicação para cada tarolo, do tipo de granito, data de extracção e designação dos provetes a que deram origem e suas respectivas características geométricas.

Amostra	Tipo de granito	Tarolo	Designação dos provetes cilíndricos	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Data de amostragem
ISC 26	Granito de duas micas, de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, meteorizado	1	ISC 1.1	6,02	4,52	2007/10/23
			ISC 1.2	5,96	4,52	
			ISC 1.3	5,73	4,52	
			ISC 1.4	5,98	4,52	
		2	ISC 2.1	5,94	4,52	
			ISC 2.2	5,93	4,52	
			ISC 2.3	5,85	4,52	
			ISC 2.4	5,91	4,52	
ISC 27	Granito de duas micas, de grão médio a grosseiro, com tendência a porfiróide, muito meteorizado	3	ISC 3.1	6,20	4,52	
			ISC 3.3	5,81	4,52	
			ISC 3.4	6,01	4,52	
		4	ISC 4.1	6,02	4,52	
			ISC 4.2	6,06	4,52	
			ISC 4.3	5,72	4,52	
			ISC 4.4	5,94	4,52	
			ISC 4.5	6,06	4,52	
ISC 28	Aplito moscovítico, meteorizado, de cor cinzenta muito clara	5	ISC 5.1	5,94	4,52	
			ISC 5.2	5,98	4,52	
			ISC 5.3	5,82	4,52	
		6	ISC 6.1	5,71	4,52	
			ISC 6.2	5,94	4,52	
			ISC 6.3	5,78	4,52	
			ISC 6.4	5,93	4,52	

Dos tarolos 2, 4 e 5, cortaram-se ainda três pequenos provetes para o ensaio de determinação da porometria com o porosímetro de mercúrio.

3.2 - METODOLOGIA

3.2.1 – CARTOGRAFIAS

As cartografias das litologias e as das deteriorações foram realizadas de acordo com os métodos apresentados por Fitzner (1990), Fitzner e Heinrichs (1991, 1994), Fitzner et al. (1992) e Fitzner et al. (1996b). Nestas metodologias, são referidas quatro fases de procedimentos, necessárias para executar a cartografia de um monumento ou edifício: cartografia litológica, classificação e documentação das formas de deterioração, cartografia das formas de deterioração e medição e amostragem do edifício.

É considerado um esquema hierárquico na definição e cartografia dos tipos de deterioração que compreende três níveis: grupos de deteriorações, subgrupos e diferenciação dentro de cada subgrupo.

3.2.2 – ENSAIOS PETROFÍSICOS

Com o propósito de caracterizar petrofisicamente duas das rochas graníticas empregues no monumento, realizaram-se ensaios de determinação da densidade aparente, da porosidade livre às quarenta e oito horas, de absorção de água por capilaridade e de evaporação nos vinte e três provetes cilíndricos. Estes ensaios realizaram-se no Laboratório de Materiais de Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (LEMC), recorrendo às técnicas e metodologias referidas por Mertz (1991), Hammecker (1993) e Begonha (1997, 2001).

O ensaio de determinação da porometria com o porosímetro de mercúrio executou-se nas amostras ISC 23, ISC 26, ISC 27 e ISC 28.

Determinaram-se a altura e diâmetro de cada provete com auxílio de uma craveira e calculou-se o respectivo volume (V). Seguidamente, os provetes foram secos em estufa a uma temperatura de 50ºC até peso constante (W_0). A densidade aparente (d) foi calculada pela equação 3.1:

$$d = W_0 / V \qquad (3.1)$$

A porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}) foi determinada por embebição em água sob condições atmosféricas normais de pressão e temperatura (20ºC ± 2ºC). Após a secagem em estufa até peso constante (W_0), os provetes foram introduzidos durante uma hora numa altura de água destilada igual a um quarto da sua altura. Após uma hora de ensaio, acrescentou-se água destilada até uma altura igual a metade da altura dos provetes. Os provetes foram assim mantidos durante mais 23 horas. Decorridas as primeiras 24 horas do ensaio, acrescentou-se novamente água destilada até se atingir uma cota aproximada de 2 cm acima do topo dos provetes. Ao fim de 48 horas de ensaio, os provetes foram pesados, tendo-se obtido o peso W_{48}. A porosidade livre é dada pela equação 3.2, em que V é o volume do provete determinado conforme descrito anteriormente.

$$N_{48} = (W_{48} - W_0) \times 100 / V \quad (3.2)$$

A Figura 3.3 mostra o aspecto dos provetes durante o ensaio de determinação da densidade aparente e da porosidade livre às 48 horas na fase em que os mesmos se encontravam completamente imersos em água destilada.



Figura 3.3 – Aspecto dos provetes durante o ensaio de determinação da densidade aparente e da porosidade livre às 48 horas.

O ensaio de determinação da porometria com o porosímetro de mercúrio realiza-se em três fases sucessivas, tendo sido descrito, entre outros, por Mertz (1991), Hammecker (1993) e Begonha (2001). Na primeira fase, de drenagem, o mercúrio líquido é injectado automatica e sucessivamente sob pressões crescentes em poros cada vez mais finos da amostra. A pressão aumenta de 0,5 psia a 30000 psia, permitindo medir diâmetros de acesso aos poros entre 360 μm e 60 Å. A segunda fase corresponde a uma embebição com mercúrio sob a forma de vapor por desabsorção de mercúrio líquido, sob pressões aplicadas decrescentes de mercúrio líquido. O mercúrio líquido retira-se primeiro dos poros mais finos e, só na parte final desta fase, se retira dos macroporos. O meio poroso vai assim sendo progressivamente embebido com o fluido molhante. No final desta fase, a quantidade de mercúrio líquido retirado da amostra é inferior à injectada no final da fase de drenagem. Este facto deve-se à retenção de gotículas de mercúrio líquido, de pequenas dimensões que se encontram isoladas no interior da rede porosa, sobretudo nos macroporos, constituindo a porosidade retida (N_{HgR}). A terceira fase, não realizada neste trabalho, corresponde a uma segunda drenagem, durante a qual se observa o fenómeno de histerese relativamente à embebição pois, para uma determinada pressão, a amostra contém maior quantidade de mercúrio líquido na fase de embebição do que na terceira fase (segunda drenagem). Segundo Hammecker (1993), citando outros autores, este fenómeno de histerese é devido a uma variação do ângulo de contacto do mercúrio nas fases de injecção e desabsorção.

Nos ensaios com o porosímetro de mercúrio, determinaram-se: a porosidade total invadida por mercúrio (N_{Hg}); a porosidade retida (N_{HgR}); a macroporosidade (N_M), correspondente ao volume poroso constituído por poros com diâmetros de acesso superiores a 7,5 μm, obtido com pressões de injecção inferiores a 1 bar; a microporosidade (N_μ), correspondente ao volume poroso constituído por

poros com raios de acesso inferiores a 7,5 μm, obtido com pressões de injecção superiores a 1 bar; os diâmetros de acesso das principais famílias de poros (d_a) e os tipos de distribuição dos raios dos acessos aos poros.

Na determinação da porometria com o porosímetro de mercúrio, utilizou-se o equipamento Poresizer 9320 da Micromeritics do Laboratório de Caracterização e Certificação de Materiais Granulares do Instituto Pedro Nunes (IPNlabgran) da Universidade de Coimbra, que opera numa gama de pressões compreendida entre 0,5 psia e 30000 psia, permitindo a intrusão de mercúrio em poros de diâmetro compreendido entre 360 μm, para a pressão mínima, e 60 Å, para a pressão máxima.

Os ensaios de absorção de água por capilaridade foram efectuados em provetes cilíndricos, previamente secos em estufa a 50°C até peso constante, sendo posteriormente colocados verticalmente sobre uma grelha situada no interior de recipientes, no fundo dos quais o nível de água destilada foi mantido constante durante todo o ensaio. A alimentação capilar foi assegurada por uma película de água com 2 mm de altura. Os recipientes foram hermeticamente fechados e com temperatura e humidade relativa controladas (20°C e humidade relativa próxima de 100%). A humidade relativa próxima da saturação evitou a sobreposição dos fenómenos de evaporação. Durante o ensaio, acompanhou-se a progressão da embebição capilar por meio da medição a intervalos de tempo crescentes da altura da franja capilar, observada na face externa dos provetes e da tomada do peso. Os ensaios decorreram durante períodos de tempo compreendidos entre as 173,3 horas e as 173,8 horas. As curvas de evolução da franja capilar (L) e do acréscimo de peso sobre a área da base do provete (dW/S) obtiveram-se em função da raiz quadrada do tempo. Calcularam-se, então, estatisticamente as equações lineares que melhor se ajustavam aos resultados, calculando-se assim os valores do aumento de peso por unidade de superfície e unidade da raiz quadrada do tempo (A) e os valores da progressão da ascensão da franja capilar por unidade da raiz quadrada do tempo (B).

No ensaio de evaporação, os vinte e três provetes cilíndricos foram previamente submetidos a embebição e imersão de água desionizada durante 48 horas, apresentando então uma saturação hídrica de 100% relativamente à porosidade livre acessível à água (N_{48}). Os ensaios de evaporação realizaram-se em recipientes hermeticamente fechados, sob uma temperatura de 20° ± C2ºC e humidade relativa de 75%, graças à presença de uma solução aquosa sobressaturada de NaCl puro (Figura 3.4). De facto, o controlo da humidade relativa é mantido pelo excesso de NaCl, que não diminui a humidade relativa do ar em relação a uma solução saturada do mesmo sal. Além disso, o excesso de sal permite manter a humidade relativa do recipiente constante durante a fase de secagem dos provetes, apesar da consequente libertação de vapor de água. Uma das bases de cada provete constitui a superfície por onde se realiza a evaporação, envolvendo-se, as restantes superfícies do cilindro, com uma película aderente de polietileno sem PVC, presa por um elástico, que evita qualquer perda de vapor de água.

Este ensaio permite determinar o fluxo de evaporação (q), a saturação crítica (Sc) e o intervalo de tempo necessário para atingir a saturação crítica (tSc). Os ensaios decorreram durante períodos de tempo compreendidos entre as 724,9 horas e as 725,3 horas.



Figura 3.4 – Aspecto dos provetes no início do ensaio de evaporação.

3.2.3 – ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

Nos estudos de identificação dos minerais de sais solúveis presentes nas deteriorações da pedra, recorreu-se à difracção dos raios X (DRX) e à microscopia electrónica de varrimento (MEV).

As análises por DRX realizaram-se no Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho, recorrendo ao difractómetro Philips PW 1710, a 40kV e 20 mA, com fenda de divergência e monocromador de grafite, utilizando uma radiação Kα Cu e o programa PC-APD versão 2,0 (Philips).

A difracção de raios X da rocha total foi usada na identificação mineralógica das amostras de eflorescências ISC 04, ISC 07 e ISC 11.

As observações por MEV realizaram-se no Centro de Materiais da Universidade do Porto (CEMUP), recorrendo a um microscópio modelo Jeol JSM-6301F, equipado com o sistema de microanálise por raios-X (EDS) Oxford Inca Energy 350 e a um microscópio modelo FEI Quanta FEG, equipado com o sistema de microanálise por raios-X (EDS) Edax Pegasus X4M. As amostras ISC 03, ISC 04, ISC 05, ISC 06, ISC 07, ISC 11, ISC 18, ISC 19, ISC 20 e ISC 21 foram revestidas a ouro e observadas e analisadas por electrões secundários a 15, 10 ou 5 keV por períodos de tempo útil (*livetime*) iguais a 60 segundos no microscópio modelo Jeol JSM-6301F. As amostras ISC 14 e ISC 24 foram revestidas

a ouro e observadas e analisadas por electrões secundários a 15, 10 ou 5 keV por períodos de tempo útil iguais a 50 segundos no microscópio modelo FEI Quanta FEG.

4

CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DAS DETERIORAÇÕES DA PEDRA

Na construção da Igreja de Santa Clara de Vila do Conde, utilizaram-se três tipos de granitos: granito de duas micas de grão médio, por vezes com tendência porfiróide; granito de duas micas porfiróide de grão médio a grosso, não orientado; granito de duas micas porfiróide de grão médio a grosso, orientado. Usaram-se também dois tipos de aplitos: aplito bege com turmalina; aplito moscovítico de cor cinzenta muito clara.

A partir da observação no local, foi possível constatar que a pedra apresenta, em determinados locais, estados de degradação muito avançados. Seguidamente referem-se os tipos de deteriorações e os locais mais afectados.

4.1 – EXTERIOR DO MONUMENTO

4.1.1 – DESAGREGAÇÃO GRANULAR

As pedras graníticas utilizadas na construção de edifícios e monumentos estão sujeitas a acções agressivas distintas das existentes nos processos naturais de alteração. Trabalhos recentes (Alves, 1997, Begonha, 2001, Oliveira, 2001, Ferreira, 2004, Moutinho, 2005, Fojo, 2006, Costa, 2007) mostraram que as pedras de granito empregues na construção exibiam graus de meteorização distintos herdados das pedreiras. Agentes agressivos como a temperatura, o vento, a água da chuva, os minerais de sais solúveis e a poluição antropogénica do ar são quase sempre os principais responsáveis pelos avançados estados de decaimento observados em muitas pedras de monumentos graníticos do Norte de Portugal.

A desagregação granular é o tipo de deterioração da pedra mais importante. Afecta grande número de pedras de todas as fachadas. Caracteriza-se pelo aumento da rugosidade das superfícies devido à presença de grãos minerais salientes, resultantes do desengaste dos grãos por acção das forças de cristalização de sais solúveis e consequentemente pela perda de material. Conduz ao arredondamento

das arestas, ao adoçamento das formas e à perda de pormenores de cantarias. Em situações de deterioração mais severas, verifica-se a queda abundante de material de granulometria arenosa pelo simples toque nas superfícies afectadas.

No monumento, a desagregação granular aparece normalmente associadas a áreas com as seguintes características:

- zonas húmidas não lixiviadas, localizadas nas áreas mais baixas das fachadas, submetidas à ascensão por capilaridade de soluções salinas;

- zonas expostas à acção do vento e a episódios de precipitação;

- zonas húmidas, sob cornijas, adjacentes a juntas abertas onde há circulação de água.

A desagregação granular é, de um modo geral, de intensidade média em todo o monumento. No Portal Norte, a desagregação é de intensidade fraca a média nas colunas e colunelos (Figuras 4.1a, 4.1b), sendo de intensidade forte no arco (Figura 4.1c), zona do portal que se encontra simultaneamente sujeita à ascensão capilar de soluções salinas a partir do solo e à molhagem por transferência capilar, sem lixiviação, das águas das chuvas que escorrem pelas juntas abertas da cornija sobrejacente. No Portal Sul, observa-se também, em algumas pedras, o recuo da sua superfície em resultado da queda de material pétreo e uma significativa perda de pormenores nas pedras com decoração. (Figura 4.1d).

4.1.2 – PLAQUETAS

As plaquetas têm expressão relativamente reduzida na Igreja de Santa Clara de Vila do Conde. Caracterizam-se por acompanharem a superfície exterior das pedras, sendo delimitadas por duas superfícies paralelas, em geral não muito bem definidas. Constituem formações pouco espessas, não ultrapassando normalmente os 2 mm. As plaquetas são usualmente pouco duras e pouco compactas, uma vez que aparecem associadas e/ou afectadas pela desagregação granular, estendendo-se em geral por áreas planas inferiores a dois ou três centímetros quadrados.

Durante a sua evolução, vão-se progressivamente destacando da pedra, acabando por se separar e cair. A face interior das plaquetas e a zona da pedra de onde a plaqueta se destacou apresentam aspectos de desagregação granular com formação de um material pulverulento. Uma pedra afectada por plaquetas exibe, de um modo geral, uma sucessão de zonas empoladas (zonas onde as plaquetas já se destacaram, mas ainda não caíram) e de zonas semelhantes a crateras (zonas onde as plaquetas já caíram) (Figura 4.2).



a) Colunelo no Portal Norte



b) Colunas e colunelos no Portal Norte



c) Arco do Portal Norte



d) Capitel no Portal Sul



e) Silhar na parede Sul

Figura 4.1 – Desagregação granular na Igreja de Santa Clara.



Figura 4.2 – Plaquetas em silhar da parede Sul.

As plaquetas formam-se em zonas húmidas, não lixiviadas das fachadas, sujeitas à ascensão por capilaridade de soluções salinas a partir do solo, em geral junto a pedras afectadas por desagregação granular de intensidade média a forte.

4.1.3 - PLACAS

O número de pedras afectado por placas é diminuto, quando comparado com o número de pedras afectado pela desagregação granular. A sua importância é um pouco maior na fachada Sul da igreja.

As placas acompanham a superfície exterior das pedras, sendo delimitadas por duas superfícies paralelas, resultando da cristalização de minerais de sais solúveis no interior das pedras num plano paralelo à superfície exterior das mesmas. Constituem formações pouco espessas, geralmente não ultrapassando os 5 mm de espessura. A maior parte é bastante dura e compacta. Uma placa estende-se normalmente por uma área, compreendida entre a dezena e algumas dezenas de centímetros quadrados. Durante a sua evolução vão-se progressivamente destacando da pedra, acabando por se separar e cair, deixando cicatrizes facilmente reconhecíveis (Figura 4.3). A face interior da placa (voltada para o interior da pedra) e a zona da pedra de onde a placa se destacou apresentam quase sempre um material pulverulento e aspectos de desagregação granular.



a) Placa na parede Oeste da Capela dos Fundadores b) Placas no Portal Sul

Figura 4.3 – Placas na Igreja de Santa Clara.

Na Igreja de Santa Clara, as placas aparecem associadas principalmente a zonas húmidas não lixiviadas, localizadas nas áreas mais baixas das fachadas, submetidas à ascensão por capilaridade de soluções salinas.

4.1.4 – CROSTAS NEGRAS

As crostas negras caracterizam-se, como o seu nome indica, pela sua cor negra, tendo expressão reduzida na Igreja de Santa Clara. São formadas por depósitos que cobrem as superfícies das pedras e argamassas das juntas. Pedras afectadas por desagregação granular não apresentam crostas negras,

devido à queda mais ou menos contínua de material pétreo, impedindo assim o seu desenvolvimento. A superfície das crostas negras é mais ou menos irregular e raramente acompanha a rugosidade superficial das pedras que recobre.

As crostas negras são características de zonas urbanas e/ou industriais, facto confirmado pela presença generalizada de crostas negras em edifícios e monumentos destas zonas e pela sua ausência ou presença muito pouco significativa em regiões pouco ou não afectadas pela poluição do ar.

A formação de crostas negras está associada a zonas húmidas e protegidas das fachadas, sujeitas a molhagem por capilaridade, mas não submetidas a lixiviação por parte das águas de escorrência, designadamente sob cornijas e consolas e em zonas recuadas e nichos.

Na igreja apenas foram encontradas crostas negras nos Portais Norte e Sul (Figura 4.4).



Figura 4.4 – Exemplos de crostas negras no Portal Sul.

4.1.5 – COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

As plantas desenvolvem-se nas áreas mais húmidas e/ou sombrias (por exemplo, na primeira e segunda fiadas de pedras acima do solo), em fendas e fissuras, em juntas abertas e sobre zonas planas horizontais onde a escorrência ou a permanência de humidade são maiores.

A actividade biológica é importante em vários pontos da Igreja de Santa Clara com desenvolvimento de plantas superiores (Figuras 4.5a, 4.5b), algas (Figura 4.5c), líquenes (Figura 4.5d) e musgos (Figura 4.5e).



a) Plantas superiores no absidíolo Norte



b) Planta superior na parede Oeste da Capela dos Fundadores



c) Algas no Absidíolo Norte



d) Líquenes no Portal Norte



e) Musgo na parede Oeste da Capela dos Fundadores

Figura 4.5 – Exemplos da colonização biológica existente na Igreja de Santa Clara.

4.1.6 – JUNTAS ABERTAS E FENDAS

Observam-se algumas juntas abertas no monumento em resultado da deterioração das antigas argamassas de cal de preenchimento (Figura 4.6a).

Diversas fendas podem ser encontradas na fachada Norte do monumento, nomeadamente na parede Norte do transepto (Figura 4.6b) e na parede Oeste da Capela dos Fundadores.



a) Juntas abertas na parede Sul da Igreja



b) Fendas na parede Norte do transepto

Figura 4.6 – Juntas abertas e fendas na Igreja de Santa Clara.

As juntas abertas e as fendas constituem o meio de acesso privilegiado da humidade e das águas da chuva nas fachadas e no interior da igreja, conduzindo a um aumento da degradação da pedra e dos rebocos.

As fendas são a manifestação de pedras que esgotaram a sua capacidade resistente. São a consequência directa de assentamentos diferenciais das fundações (causa mais frequente), erros de projecto ou execução, modificações do tipo de utilização para a qual o edifício foi concebido, solicitações térmicas e solicitações sísmicas.

4.2 – INTERIOR DO MONUMENTO

A ascensão por capilaridade é igualmente muito importante no interior da igreja uma vez que o meio poroso das pedras de granito meteorizado permite uma transferência rápida das soluções a partir do solo, tal como referido por diversos autores noutros edifícios e monumentos de granito (Begonha e Sequeira Braga, 1994, Begonha et al., 1994, Alves, 1997, Begonha, 2000, 2001a, 2002b, 2002c, 2002d, 2003a, 2003b, 2004, Ferreira, 2004).

Muitas pedras do pavimento encontram-se assim quase saturadas, exibindo inestéticas manchas esbranquiçadas (Figura 4.7) e elevado número de pedras das paredes mostram-se húmidas ao tacto e/ou manchadas. Os elevados índices de humidade no interior da igreja resultam também de

infiltrações das águas da chuva pelos telhados, sendo perfeitamente visíveis as escorrências de água marcadas nas paredes da igreja assim como manchas de humidade (Figura 4.8).

Em consequência, no interior da Igreja de Santa Clara, o estado de conservação da pedra é mau, sendo a desagregação granular, as eflorescências e a colonização biológica, as deteriorações dominantes.



a) Sacristia



b) Absidíolo Norte

Figura 4.7 – Manchas de humidade em pavimentos da Igreja de Santa Clara.



a) Paredes Oeste e Norte do Transepto



b) Capela dos Fundadores

Figura 4.8 – Manchas de humidade em paredes da Igreja de Santa Clara.

4.2.1 – DESAGREGAÇÃO GRANULAR

A desagregação granular é o tipo de deterioração que afecta maior número de pedras no interior da igreja, estando associada a áreas de paredes submetidas à ascensão por capilaridade de soluções salinas a partir do solo.

A intensidade é, geralmente, fraca em todo o interior da igreja (Figura 4.9), sendo que na pia situada ao lado do Portal Norte as pedras de granito circundantes apresentam desagregação de média intensidade.



a) Parede Norte



b) Parede Norte da Capela-mor

Figura 4.9 – Desagregação granular no interior da Igreja de Santa Clara.

4.2.2 – PLAQUETAS

As plaquetas aparecem associadas a algumas pedras mais afectadas por desagregação granular. Estão igualmente localizadas nas áreas das paredes submetidas à ascensão por capilaridade de soluções salinas a partir do solo. As zonas mais afectadas situam-se nas paredes Norte da igreja e do transepto e sobretudo na parede que separa o transepto da Capela dos Fundadores, normalmente entre 0,5 e 1,50 metros acima do pavimento. A coesão das plaquetas é muito fraca, pulverizando-se facilmente com o simples toque (Figura 4.10).



Figura 4.10 – Plaquetas no interior da Igreja de Santa Clara.

4.2.3 – EFLORESCÊNCIAS

As eflorescências são cristalizações de minerais de sais solúveis na superfície de materiais porosos, designadamente granitos e argamassas.

A maior parte das eflorescências é pulverulenta (Figura 4.11), de cor branca acinzentada, forma-se predominantemente nas zonas mais baixas das paredes submetidas a ascensão por capilaridade (Figura 4.11), nas áreas das pedras graníticas adjacentes às numerosas juntas preenchidas com argamassas de cimento e também sobre as próprias argamassas.

Foram também encontradas, embora em menor número, eflorescências de tipo *fluffy* de cor branca (Figura 4.12), formando-se sob os mesmos princípios das pulverulentas.

4.2.4 – COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

A colonização de algas é muito acentuada por todo o interior da igreja desde 1,0 a 1,5 metros (Figuras 4.13a e 4.13b) até ao topo das paredes, sendo mais abundantes nas zonas mais altas (Figura 4.13c). A profusão de algas deve-se à presença de água que penetra na rede porosa da pedra por ascensão capilar a partir do solo e por infiltrações a partir das coberturas, sendo perfeitamente visível o desenvolvimento das algas ao longo das linhas preferenciais de escorrência da água (Figuras 4.13c e 4.13d).

As algas desenvolvem-se até cerca de 3,5 metros a 4,0 metros no Absidíolo Sul (Figura 4.13e e 4.13f), atingindo alturas superiores em zonas da igreja como a parede Norte, local onde se observam fendas que atravessam toda a parede desde o exterior até ao interior (Figura 4.6b), a parede Sul do Absidíolo Norte (Figura 4.13d) e todas as paredes da Capela-mor.



a) Parede Norte do Absidíolo Sul



b) Transepto – trecho de parede que separa a Capela-mor do Absidíolo Sul



c) Parede Norte do Absidíolo Sul

Figura 4.11 – Formação de eflorescências pulverulentas no interior da Igreja de Santa Clara.



a) Contacto granito/argamassa de cimento



b) Sobre granito e no contacto granito/argamassa de cimento

Figura 4.12 – Formação de eflorescências do tipo *fluffy* no interior da Igreja de Santa Clara.



a) Capela dos Fundadores



b) Capela-mor



c) Paredes Norte e Oeste do transepto



d) Parede Sul do Absidíolo Norte



e) Parede Norte do Absidíolo Sul



f) Parede Norte do Absidíolo Sul

Figura 4.13 – Desenvolvimento de algas no interior da Igreja de Santa Clara.

4.3 – CARTOGRAFIA DAS DETERIORAÇÕES

O levantamento das deteriorações, apesar de ser um processo moroso e, por vezes, difícil, tem grande utilidade, não só na fase de diagnóstico, possibilitando a compreensão dos mecanismos responsáveis pelas deteriorações, mas também no cálculo das áreas afectadas pelas diferentes degradações da pedra e, consequentemente, dos custos associados à aplicação dos produtos de limpeza e de conservação, bem como na própria fase dos trabalhos de intervenção no edifício ou monumento.

Com esse objectivo, realizaram-se os levantamentos cartográficos das deteriorações que afectam o Portal Norte, a parede interior Norte do Absidíolo Sul e num trecho da parede interior Norte da Capela-mor onde se inclui o colunelo onde se havia procedido à cartografia litológica (ponto 2 do Capítulo 5).

No Portal Norte (Figura 4.14), a desagregação granular é francamente dominante. A intensidade é quase sempre forte no arco do portal (representada a vermelho), sendo de intensidade média (representada a cor-de-laranja) ou fraca (representada a amarelo) nas colunas, colunelos e nas pedras da soleira.

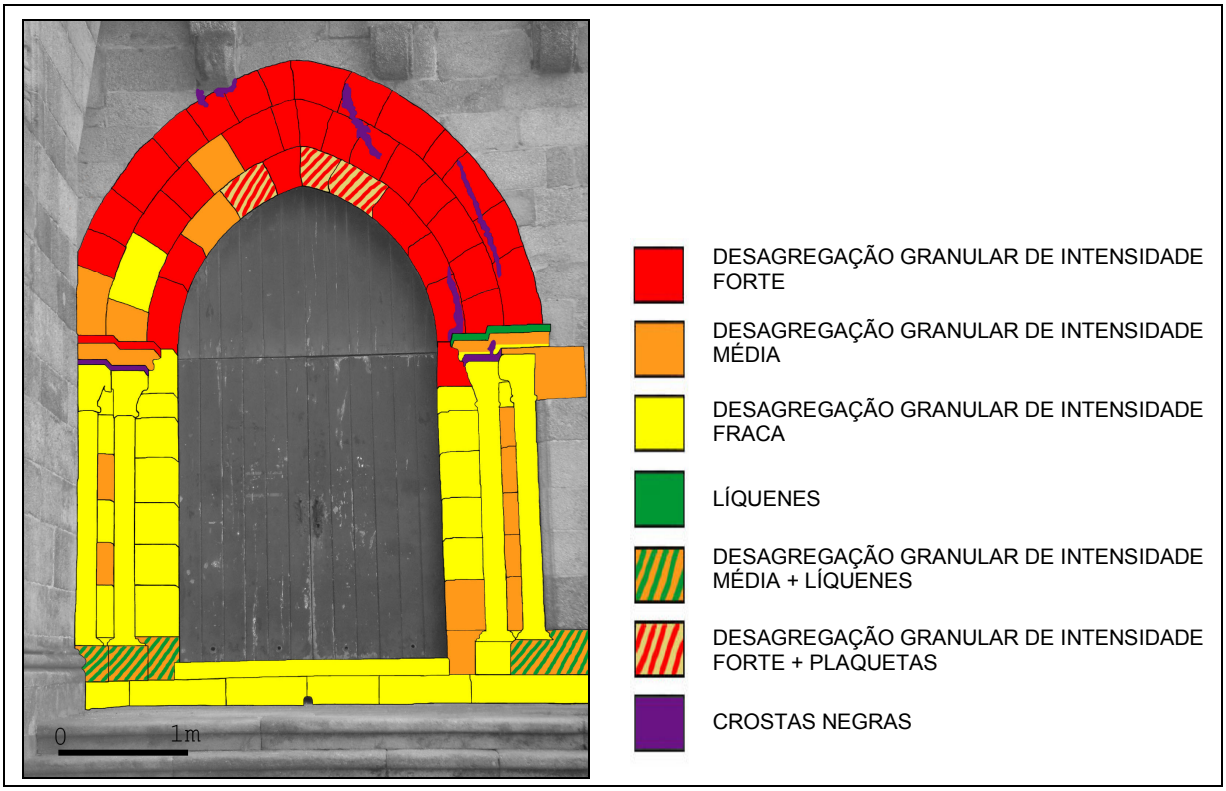


Figura 4.14 – Cartografia das deteriorações da pedra do Portal Norte.

Algumas plaquetas afectadas por desagregação granular de forte intensidade foram identificadas em três pedras com desagregação granular forte do arco interior (pedras representadas a tracejado bege/vermelho).

A colonização liquénica (representada a verde escuro) pode ser observada em duas áreas de dois capitéis do lado direito e em quatro pedras da segunda fiada, também afectadas por desagregação granular de intensidade média (pedras representadas a tracejado verde escuro/cor-de-laranja).

Algumas crostas negras (representadas a roxo) formaram-se em locais húmidos, mas protegidos directamente da chuva, quer no arco quer em determinados pontos abrigados dos capitéis.

Na parede Norte do Absidíolo Sul (Figura 4.15), a desagregação granular é dominante, sendo quase sempre de intensidade fraca, exceptuando duas pedras que apresentam intensidade média.

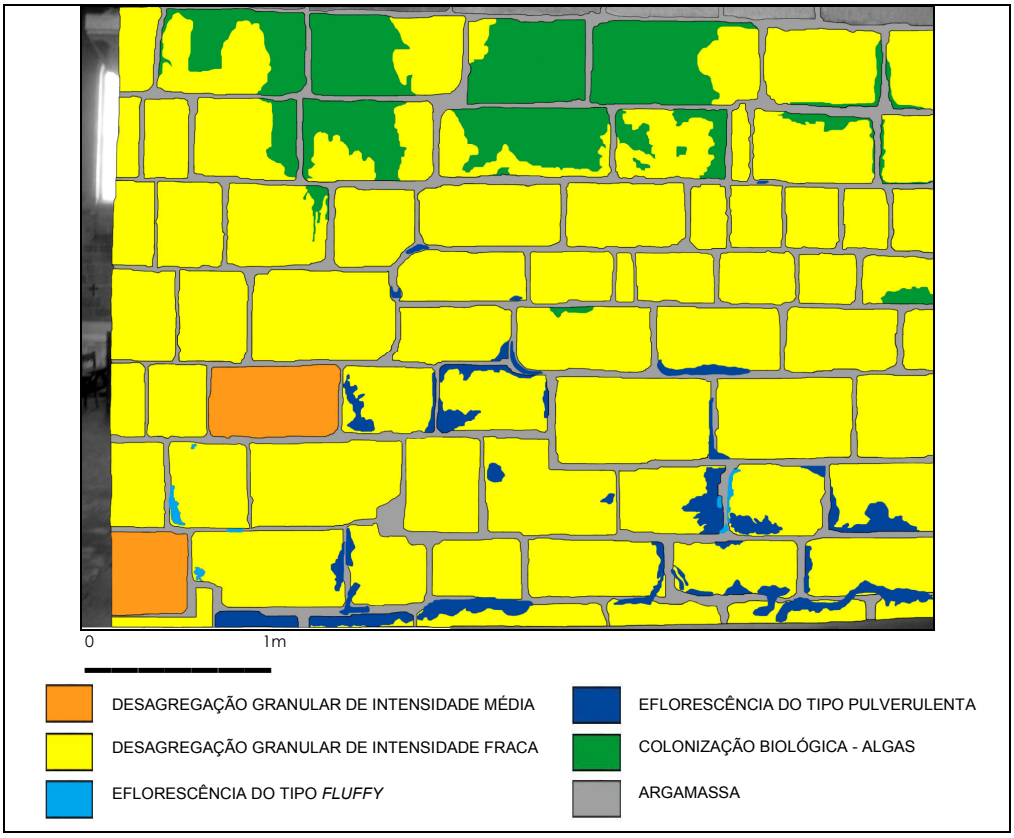


Figura 4.15 – Cartografia das deteriorações da pedra da parede Norte do Absidíolo Sul.

Observa-se grande número de eflorescências pulverulentas (representadas a azul escuro) e, em menor número, eflorescências de tipo *fluffy* (representadas a azul claro). Os dois tipos de eflorescências formam-se predominantemente nas áreas das pedras graníticas adjacentes às numerosas juntas preenchidas com argamassas de cimento (representadas a cinzento) e também sobre as próprias argamassas.

Duas grandes áreas localizadas na parte superior da zona levantada da parede Norte do absidíolo direito exibem colonização de algas resultantes de escorrências provenientes das coberturas (representadas a verde).

No trecho da parede Norte da Capela-mor (Figura 4.16), a desagregação granular é dominante, sendo sempre de intensidade fraca à excepção de três pedras do colunelo em que se verifica desagregação granular de intensidade média. Observaram-se ainda eflorescências pulverulentas em quatro pedras de granito e sobre argamassa de cimento aplicada numa junta. Uma pedra granítica exibe uma eflorescência de tipo *fluffy*. Duas pedras exibem pequenas áreas afectadas por colonização por algas.

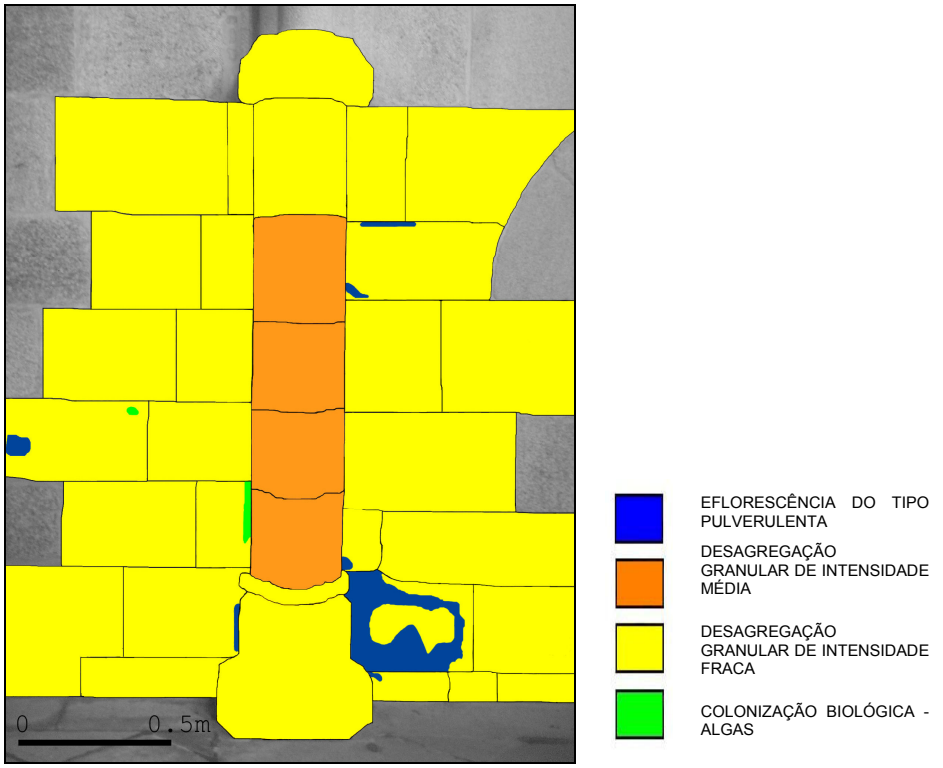


Figura 4.16 – Cartografia das deteriorações da pedra num trecho da parede Norte da Capela-mor.

5

ESTUDO DOS GRANITOS

5.1 – CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DAS ROCHAS GRANÍTICAS

Os silhares da Igreja de Santa Clara exibem diferentes tonalidades e granulometrias, uma vez que o monumento foi erigido com diferentes tipos de rochas graníticas, nomeadamente diversos tipos de granitos e de aplitos.

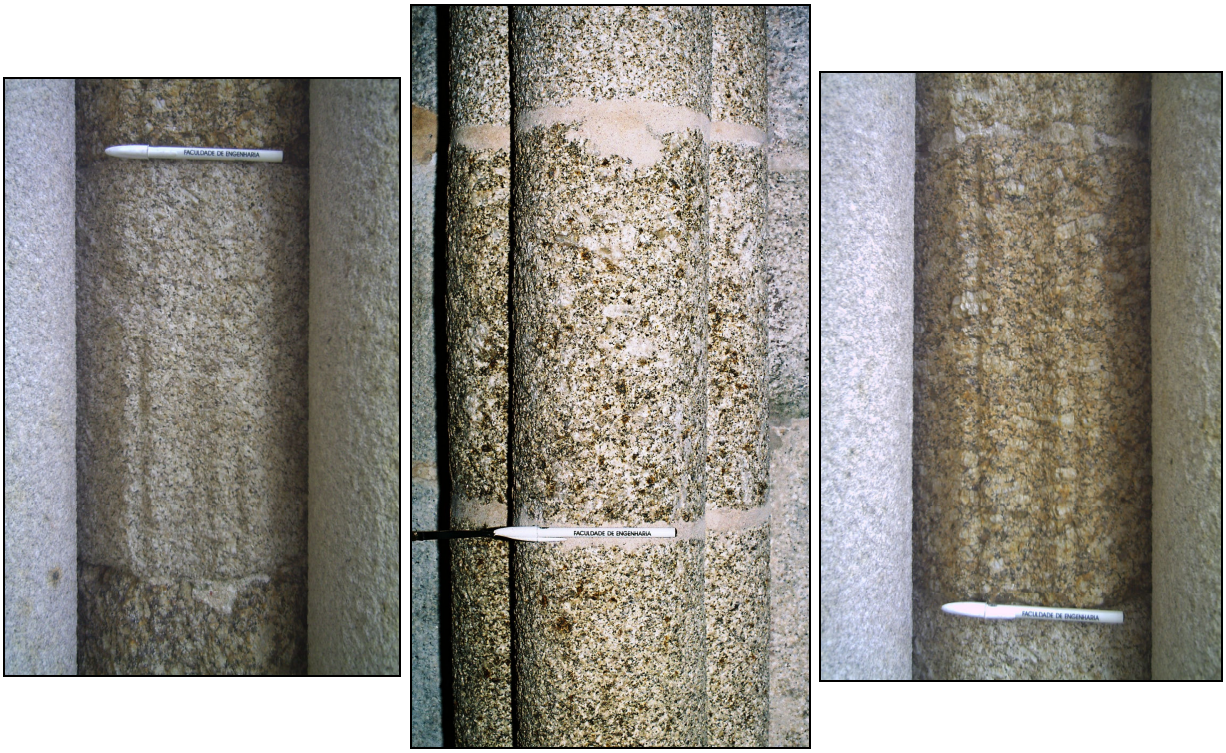
Os tipos litológicos mais representativos incluem:

- granito de duas micas de grão médio, por vezes com tendência porfiróide (Figura 5.1a);
- granito de duas micas porfiróide de grão médio a grosso, não orientado(Figura 5.1b);
- granito de duas micas porfiróide de grão médio a grosso, orientado (Figura 5.1c);
- aplito bege com turmalina(Figura 5.2a);
- aplito moscovítico de cor cinzenta muito clara(Figura 5.2b);

5.2 – CARTOGRAFIA LITOLÓGICA

A degradação da pedra depende de entre outros factores, dos intrínsecos à mesma, designadamente, no caso dos granitos, do grau de meteorização de cada pedra e do tipo litológico da mesma. Torna-se assim essencial identificar o ou os tipos de rochas usados na construção do monumento.

Com esse propósito, procedeu-se ao levantamento cartográfico das litologias utilizadas no Portal Norte (Figura 5.3), na parede Norte do absidíolo direito (Figura 5.4) e no colunelo da parede Norte da Capela-mor que marca o início da cabeceira (Figura 5.5) com o objectivo de verificar se algum ou alguns tipos de deteriorações se relacionam com qualquer ou quaisquer dos tipos litológicos. Os três locais foram escolhidos por corresponderem a zonas representativas de diferentes tipos de deteriorações, diferentes localizações no monumento ou de relevância arquitectónica.



a) Granito de grão médio com tendência porfiróide

b) Granito de grão médio a grosso porfiróide não orientado

c) Granito de grão médio a grosso porfiróide orientado

Figura 5.1 – Tipos litológicos de granitos empregues na Igreja de Santa Clara.



a) Aplito com turmalina

b) Aplito moscovítico

Figura 5.2 – Tipos litológicos de aplitos empregues na Igreja de Santa Clara.



Figura 5.3 – Cartografia dos litótipos existentes no Portal Norte.

Assim, o granito de duas micas de grão médio, por vezes com tendência porfiróide está representado a vermelho; o granito de duas micas porfiróide de grão médio a grosso, não orientado a cor-de-rosa claro; o granito de duas micas porfiróide de grão médio a grosso, orientado a cor-de-rosa escuro; o aplito bege com turmalina a amarelo canário; o aplito moscovítico de cor cinzenta muito clara a amarelo claro. As argamassas de cimento, empregues principalmente nas juntas, representam-se a cinzento mais escuro e as leitadas de argamassa a cinzento mais claro.



Figura 5.4 – Cartografia dos litótipos existentes na parede Norte do absidíolo direito.

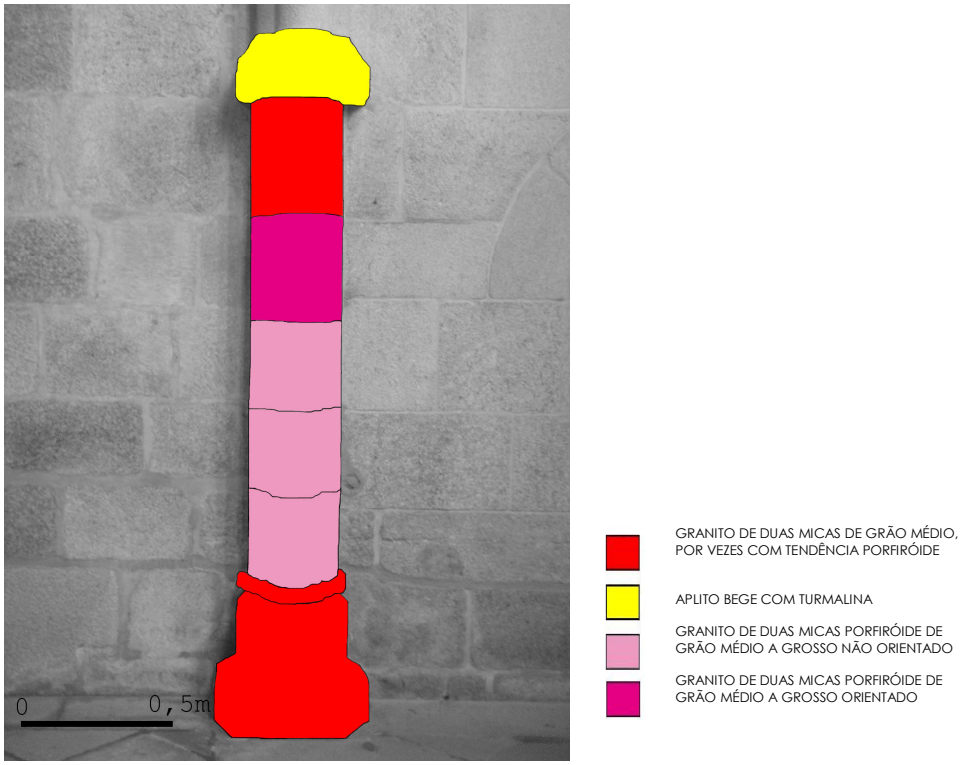


Figura 5.5 – Cartografia dos litótipos existentes no colunelo da Capela-mor que marca o início da cabeceira.

5.3 – RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

O Quadro 5.1 mostra os resultados dos ensaios petrofísicos realizados nos vinte e três provetes cilíndricos, nomeadamente os de determinação da densidade aparente (d), porosidade livre às 48 horas (N_{48}), absorção de água por capilaridade (coeficientes de capilaridade A e B) e evaporação (fluxo de evaporação q, saturação crítica Sc e tempo de saturação crítica tSc).

Os resultados da porometria obtidos com o porosímetro de mercúrio apresentam-se no Quadro 5.2, designadamente a porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}), porosidade retida (N_{HgR}), microporosidade ($N_{\square}$), razão microporosidade/porosidade total ao mercúrio ($100\times N_{\square}/N_{Hg}$) e diâmetros das principais famílias de fissuras (d_a).

Quadro 5.1 – Resultados dos ensaios de determinação da densidade aparente (d), porosidade livre às 48 horas (N_{48}), absorção de água por capilaridade e evaporação.

Provete cilíndrico	d	N_{48} (%)	Capilaridade		Evaporação		
			A ($gcm^{-2}h^{-1/2}$)	B ($cmh^{-1/2}$)	q ($gcm^{-2}h^{-1}$)	Sc (%)	tSc (h)
ISC 1.1	2,56	2,26	0,0485	2,6661	- 0,0029	58	15,4
ISC 1.2	2,53	2,37	0,0522	2,6552	- 0,0031	58	15,4
ISC 1.3	2,56	2,27	0,0525	2,7210	- 0,0030	56	15,3
ISC 1.4	2,55	2,28	0,0490	2,6935	- 0,0036	50	15,3
ISC 2.1	2,56	2,35	0,0481	2,4153	- 0,0031	57	15,3
ISC 2.2	2,54	2,34	0,0496	2,6378	- 0,0030	59	15,3
ISC 2.3	2,57	2,46	0,0584	2,7577	- 0,0035	51	15,2
ISC 2.4	2,55	2,49	0,0566	2,7603	- 0,0035	55	15,2
ISC 3.1	2,41	6,06	0,2053	4,3614	- 0,0027	49	63,4
ISC 3.3	2,38	6,23	0,2898	6,1254	- 0,0033	35	63,4
ISC 3.4	2,40	6,07	0,2847	5,0606	- 0,0029	43	63,4
ISC 4.1	2,41	5,87	0,2331	4,6256	- 0,0023	37	85,0
ISC 4.2	2,40	6,14	0,2553	4,7807	- 0,0027	32	84,9
ISC 4.3	2,38	6,31	0,3012	5,1178	- 0,0025	37	78,8
ISC 4.4	2,27	6,24	0,3250	5,5461	- 0,0026	34	84,8
ISC 4.5	2,35	6,81	0,2908	4,8652	- 0,0024	32	103,3
ISC 5.1	2,53	2,65	0,0710	2,8916	- 0,0048	67	09,2
ISC 5.2	2,55	2,58	0,0711	3,1735	- 0,0036	73	09,2
ISC 5.3	2,52	2,66	0,0761	3,3916	- 0,0043	69	09,0
ISC 6.1	2,56	2,72	0,0713	2,7125	- 0,0043	69	09,0
ISC 6.2	2,55	2,64	0,0684	3,1166	- 0,0037	75	09,0
ISC 6.3	2,56	2,72	0,0807	3,2840	- 0,0041	72	09,0
ISC 6.4	2,54	2,82	0,0792	3,3002	- 0,0045	70	09,0

Quadro 5.2 – Valores dos parâmetros do ensaio de porometria realizado a quatro amostras.

Amostras	Porometria					
	N_{Hg} (%)	N_{HgR} (%)	N□ (%)	N_M (%)	N□ N_{Hg} (%)	d_a (□m)
ISC 23	9,37	7,85	6,33	3,04	68	2,39 9,19
ISC 26	2,89	2,63	1,82	1,07	63	0,76 9,49 – 13,03
ISC 27	7,42	5,17	5,04	2,38	68	0,78 9,05 – 16,09
ISC 28	4,39	2,97	3.44	0,95	78	0,79

5.3.1 – DENSIDADE APARENTE

No Quadro 5.1, apresentam-se os valores da densidade aparente (d), obtidos nos vinte e três provetes cilíndricos.

Verifica-se que, nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado, os valores da densidade aparente variam entre 2,53 e 2,57 (média de 2,55 ± 0,01), nos provetes do mesmo tipo de granito, mas muito meteorizado, a densidade aparente está compreendida entre 2,27 e 2,41 (média de 2,38 ± 0,05) e nos provetes de aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara, a densidade aparente toma valores entre 2,52 e 2,56 (média de 2,54 ± 0,08). É também possível concluir que os valores da densidade aparente variam consideravelmente de provete para provete nos dois tipos de rochas graníticas estudadas e que na Igreja de Santa Clara se utilizaram pedras de vários tipos de granito com diferentes graus de meteorização herdada na pedreira.

Conforme se pode observar no Quadro 5.3, os valores da densidade aparente dos provetes em estudo são da mesma ordem de grandeza dos determinados em diversos edifícios e monumentos construídos com granitos de duas micas no Norte de Portugal.

Quadro 5.3 – Valores mínimos e máximos da densidade aparente (d), obtidos em granitos de duas micas de monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	d
Igreja de Santa Clara – granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado	**2,53 – 2,57**
Igreja de Santa Clara – granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado	**2,27 – 2,41**
Igreja de Santa Clara – aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara	**2,52 – 2,56**
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino (Castro et al, 1991)	2,39 – 2,50
Mosteiro de São Miguel de Refojos – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2000)	2,38 – 2,52
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por placas (Begonha, 2001)	2,42 – 2,56
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por desagregação granular (Begonha, 2001)	2,52 – 2,53
Mosteiro de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã (Begonha, 2002a)	2,35 – 2,42
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2003c)	2,39 – 2,59
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão fino a médio (Begonha, 2003c)	2,42 – 2,53
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão grosseiro (Begonha, 2003a)	2,52 – 2,58
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão médio (Begonha, 2003a)	2,54 – 2,56
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino (Begonha, 2004a)	2,49 – 2,52
Igreja de Santa Maria de Leça – Granito do Porto (Moutinho, 2005)	2,52 - 2,55
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (Fojo, 2006)	2,27 – 2,48
Igreja Matriz de Caminha – microgranito (Fojo, 2006)	2,48 – 2,51

5.3.2 – POROSIDADE LIVRE ÀS QUARENTA E OITO HORAS

Os resultados da porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}), obtidos nos vinte e três provetes cilíndricos são apresentados no Quadro 5.1.

Os valores da porosidade livre às quarenta e oito horas diferem significativamente não só de pedra para pedra, mas também de ponto para ponto da mesma pedra, ou seja, de provete para provete, variando estes entre 2,26% e 2,49% (média de 2,35% ± 0,09%) no granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado, 5,87% e 6,81% (média de 6,22% ± 0,28%) nos provetes do mesmo tipo de granito, mas muito meteorizado e 2,58% a 2,82% (média de 2,68% ± 0,08%) nos provetes de aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara. Estes valores comprovam e confirmam os resultados obtidos com d de que na Igreja de Santa Clara se utilizaram pedras de distintos tipos de granito com diferentes graus de meteorização.

Conforme se pode verificar no Quadro 5.4, os valores da porosidade livre às quarenta e oito horas são da mesma ordem de grandeza dos determinados em diversos edifícios e monumentos construídos com granitos de duas micas.

A porosidade livre varia no sentido inverso da densidade aparente. Obtiveram-se boas correlações lineares entre os valores de d e de N_{48} determinados nos provetes do granito de duas micas de grão médio a grosso (d=2,6615-0,0462×N_{48} com coeficiente de correlação R^2=0,9009 – Figura 5.6) e entre os valores de d e de N_{48}, considerando o conjunto dos vinte e três provetes, incluindo portanto os de granito de duas micas de grão médio a grosso e os de aplito moscovítico (d=2,666–0,0468×N_{48} com R^2=0,9098 – Figura 5.7). As duas expressões são idênticas às calculadas por Begonha (2000) para o granito de duas micas de grão médio a grosseiro, utilizado no Mosteiro de São Miguel de Refojos (d=2,6870–0,0356×N_{48} com R^2=0,8820), por Begonha (2001) para o granito do Porto (d=2,6562–0,0309×N_{48} com R^2=0,9880), por Begonha (2002a) para o granito de Vila Chã, usado no Mosteiro de São João de Tarouca (d=2,6679–0,0370×N_{48} com R^2=0,8570), por Begonha (2003c) para o granito de duas micas de grão fino a médio, aplicado na Igreja de São Pedro de Rates (d=2,6597–0,0324×N_{48} com R^2=0,9800), por Begonha (2003c) para o granito de duas micas de grão médio a grosseiro, utilizado na Igreja de São Pedro de Rates (d=2,7135–0,0421×N_{48} com R^2=0,9450) e por Fojo (2006) para o granito de duas micas de grão médio (d=2,6575-0,0376×N_{48} com coeficiente de correlação R^2=0,9784) e para o conjunto de provetes de granito de duas micas de grão médio e de microgranito (d=2,643–0,0359×N_{48} com R^2=0,9754). Relativamente aos provetes de aplito, há grande dispersão de resultados, uma vez que os valores dos dois parâmetros são bastante próximos, tendo-se obtido um coeficiente de correlação muito baixo (R^2=0,0122).

Quadro 5.4 – Valores limite da porosidade livre às quarenta e oito horas (N_{48}) obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	N_{48} (%)
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado	**2,26 – 2,49**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado	**5,87 – 6,81**
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara	**2,58 – 2,82**
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino (Castro et al, 1991)	5,13 – 9,63
Anta Grande do Zambujeiro – granito de grão grosseiro (Pinto 1993)	2,90
Mosteiro de São Miguel de Refojos – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2000)	4,61 – 8,53
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por placas (Begonha, 2001)	3,38 – 7,46
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por desagregação granular (Begonha, 2001)	3,96 – 4,29
Mosteiro de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã (Begonha, 2002a)	6,83 – 8,58
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2003c)	4,16 – 8,32
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão fino a médio (Begonha, 2003c)	4,77 – 8,59
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão grosseiro (Begonha, 2003a)	2,12 – 4,00
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão médio (Begonha, 2003a)	2,75 – 3,58
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino (Begonha, 2004a)	3,02 – 4,19
Antiga Alfândega de Vila do Conde – granito de grão médio (Ferreira, 2004)	2,88 – 8,48
Igreja de Santa Maria de Leça – Granito do Porto (Moutinho, 2005)	3,00 – 3,66
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (Fojo, 2006)	4,85 – 10,30
Igreja Matriz de Caminha – microgranito (Fojo, 2006)	4,04 – 4,48
Sé Catedral de Évora (Costa, 2007)	5,8±0,2 – 6,9±0,3

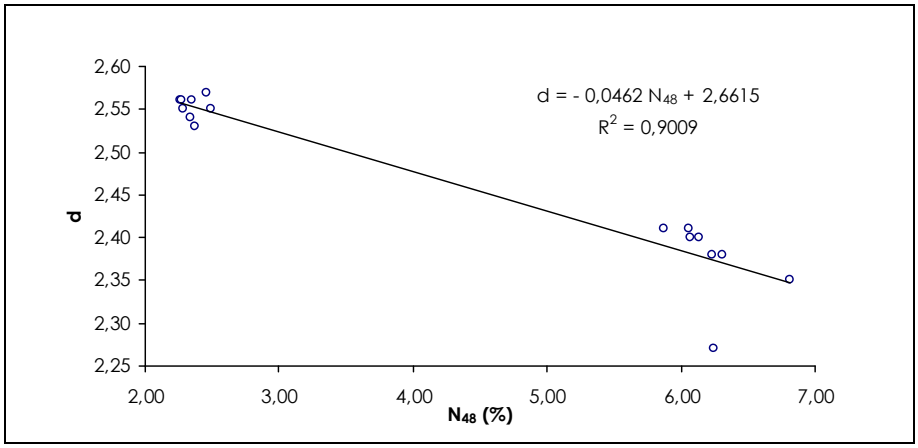


Figura 5.6 – Correlação linear obtida entre d e N_{48} nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso da Igreja de Santa Clara.

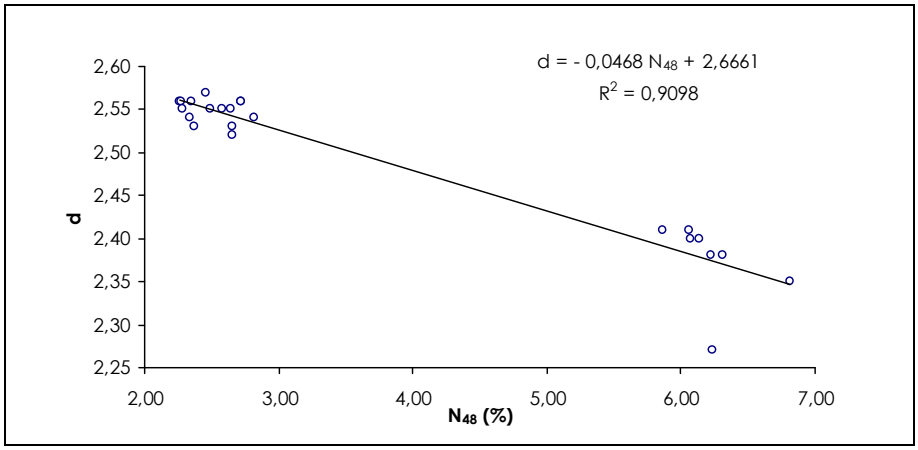


Figura 5.7 – Correlação linear obtida entre d e N_{48} nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso e de aplito moscovítico empregues na Igreja de Santa Clara.

5.3.3 – POROMETRIA

Os valores obtidos no ensaio com o porosímetro de mercúrio, nomeadamente da porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}), da microporosidade (N_{μ} - porosidade relativa às fissuras com diâmetros inferiores a 7,5 μm), da macroporosidade (N_M - porosidade relativa às fissuras com diâmetros superiores a 7,5 μm), da percentagem da microporosidade relativamente à porosidade total ao mercúrio (N_{μ}/N_{Hg}) e dos diâmetros de acesso das principais famílias de fissuras (d_a) nas amostras ISC 23, ISC 26, ISC 27 e ISC 28 são apresentados no Quadro 5.2. Em cada amostra, o primeiro valor de d_a corresponde à principal família de fissuras.

Conforme se pode verificar, no caso do granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado, o valor de N_{Hg} é igual a 2,89% e o do mesmo granito, mas muito meteorizado é igual a 7,42%. No aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara, o valor de N_{Hg} é igual a 4,39%, sendo igual a 9,37% na amostra do mesmo tipo de aplito, mas afectado por desagregação granular de média intensidade. Estes valores são semelhantes ou da mesma ordem de

grandeza dos obtidos em granitos de duas micas empregues em diversos edifícios e monumentos do Norte de Portugal (Quadro 5.5).

No caso das duas amostras ensaiadas de aplito, o processo de deterioração conduziu a um grande aumento da porosidade total ao mercúrio no aplito afectado por desagregação granular, relativamente ao aplito meteorizado.

A porosidade total ao mercúrio nas amostras ISC 26, ISC 27 e ISC 28 é sempre superior aos valores obtidos para a porosidade livre às 48 horas, facto confirmado anteriormente em diversos monumentos graníticos do Norte de Portugal (Begonha, 2000, 2001, 2002a, 2003a, 2003c, 2004a, Moutinho, 2005, Begonha e Fojo, 2006, Fojo, 2006) e em monumentos construídos com calcários e arenitos (Hammecker, 1993).

Quadro 5.5 – Valores limite da porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}) obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	N_{Hg} (%)
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado	**2,89**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado	**7,42**
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara	**4,39**
Amostra de fragmentos de aplito moscovítico, meteorizado, de cor cinzenta muito clara, afectado por desagregação granular de média intensidade	**9,37**
Mosteiro de São Miguel de Refojos – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2000)	5,95 – 8,46
Hospital de Santo António – placa de Granito do Porto (Begonha, 2001)	5,85
Mosteiro de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã (Begonha, 2002a)	7,60 – 12,38
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2003c)	5,64 – 9,09
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão fino a médio (Begonha, 2003c)	6,83 – 9,90
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão grosseiro (Begonha, 2003a)	3,36 – 4,91
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão médio (Begonha, 2003a)	3,87
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino (Begonha, 2004a)	4,42 – 4,64
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto (Moutinho, 2005)	4,20 – 4,43
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (Fojo, 2006)	7,69 – 11,21
Igreja Matriz de Caminha – microgranito (Fojo, 2006)	5,33 – 6,76

De acordo com o Quadro 5.2, nos dois tipos de rochas graníticas estudadas na Igreja de Santa Clara, os valores da microporosidade N_μ são muito superiores aos da macroporosidade N_M. Assim, a microporosidade representa entre 63% e 68% da porosidade total ao mercúrio no granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide e 68% no aplito moscovítico. No aplito afectado por desagregação granular, a microporosidade representa 78% da porosidade total ao

mercúrio. Valores idênticos foram obtidos em diversos tipos de granitos empregues em edifícios e monumentos do Norte de Portugal (Quadro 5.6).

Quadro 5.6 – Valores limite da razão entre a microporosidade (N_μ) e a porosidade total ao mercúrio (N_{Hg}) obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	$100 \times N_\mu / N_{Hg}$ (%)
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado	**63**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado	**68**
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara	**78**
Amostra de fragmentos de aplito moscovítico, meteorizado, de cor cinzenta muito clara, afectado por desagregação granular de média intensidade	**68**
Mosteiro de São Miguel de Refojos – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2000)	81 – 96
Hospital de Santo António – placa de Granito do Porto (Begonha, 2001)	75
Mosteiro de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã (Begonha, 2002a)	80
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2003c)	72 – 80
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão fino a médio (Begonha, 2003c)	67 – 73
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão grosseiro (Begonha, 2003a)	64 – 65
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão médio (Begonha, 2003a)	79 – 80
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino (Begonha, 2004a)	66 – 78
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto (Moutinho, 2005)	49 – 56
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (Fojo, 2006)	61 – 67
Igreja Matriz de Caminha – microgranito (Fojo, 2006)	63 – 78

O Quadro 5.2 mostra que, nas duas amostras do granito de duas micas de grão médio a grosso, se verifica a existência de duas famílias de fissuras (Figuras 5.8, 5.9). O processo de meteorização não interferiu nem na importância relativa das duas famílias de fissuras, nem nas suas dimensões, conduzindo apenas a um maior número de fissuras. Efectivamente, o diâmetro da principal família de fissuras está compreendido entre 0,76 □m e 0,78 □m e o da segunda família de fissuras entre 9,05 □m e 16,09 □m.

O meio poroso do aplito moscovítico é muito diferente do do granito de duas micas. A rede porosa é unimodal (Figura 5.10). O diâmetro da família de fissuras (0,79 □m) é igual ao do da familia principal de fissuras do granito de duas micas. O processo de deterioração transformou a rede porosa unimodal do aplito meteorizado numa rede bimodal (Figura 5.11), aumentando significativamente o diâmetro da principal família de fissuras do aplito com desagregação granular (2,39 □m) e originando uma segunda família de fissuras de diâmetro igual a 9,19 □m.

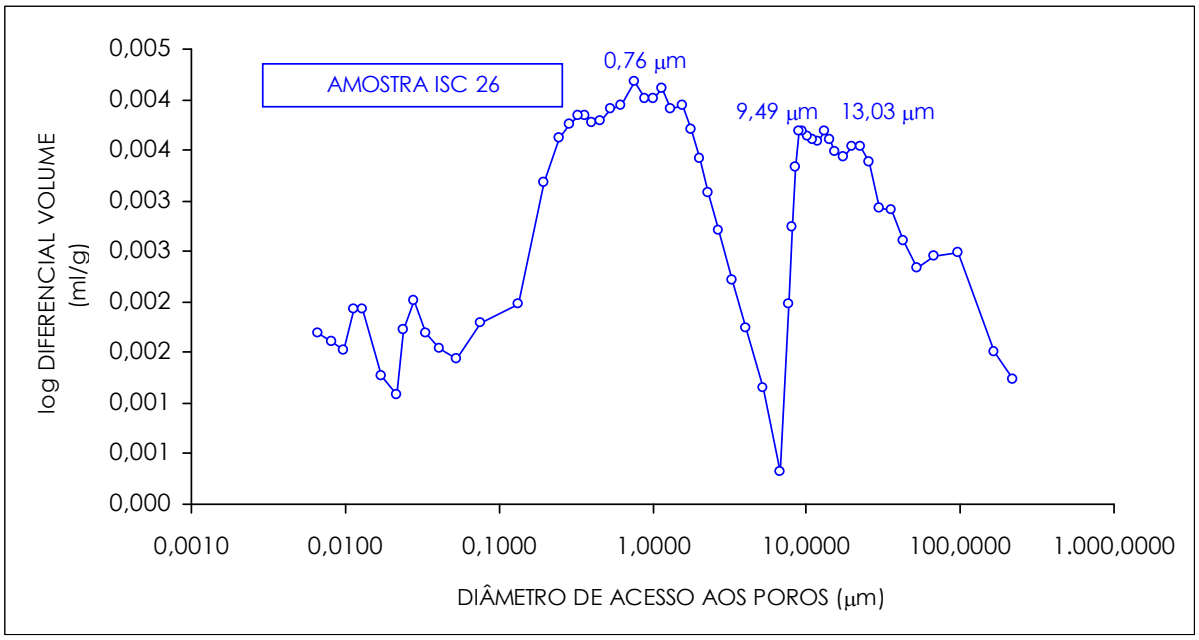


Figura 5.8 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra ISC 26 de granito de duas micas de grão médio a grosso, com tendência a porfiróide, meteorizado.

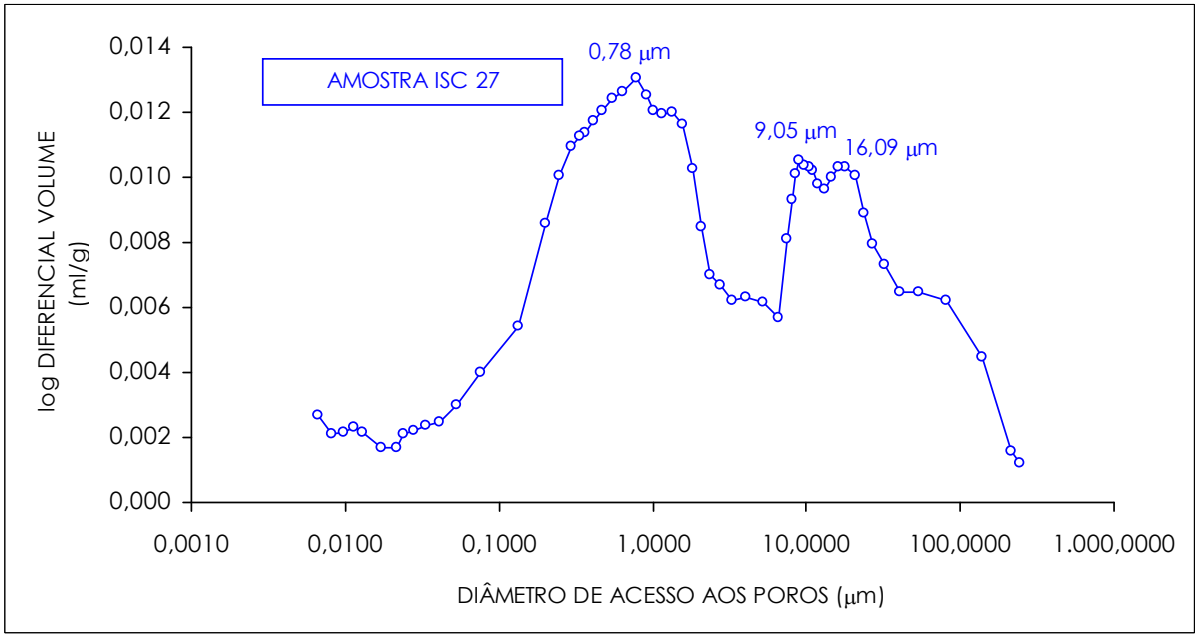


Figura 5.9 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra ISC 27 de granito de duas micas de grão médio a grosso, com tendência a porfiróide, muito meteorizado.

Conforme se pode verificar no Quadro 5.7, os valores dos diâmetros de acesso da ou das famílias de fissuras das duas rochas graníticas estudadas na Igreja de Santa Clara enquadram-se nos valores obtidos em rochas graníticas aplicadas em diversos edifícios e monumentos do Norte de Portugal.

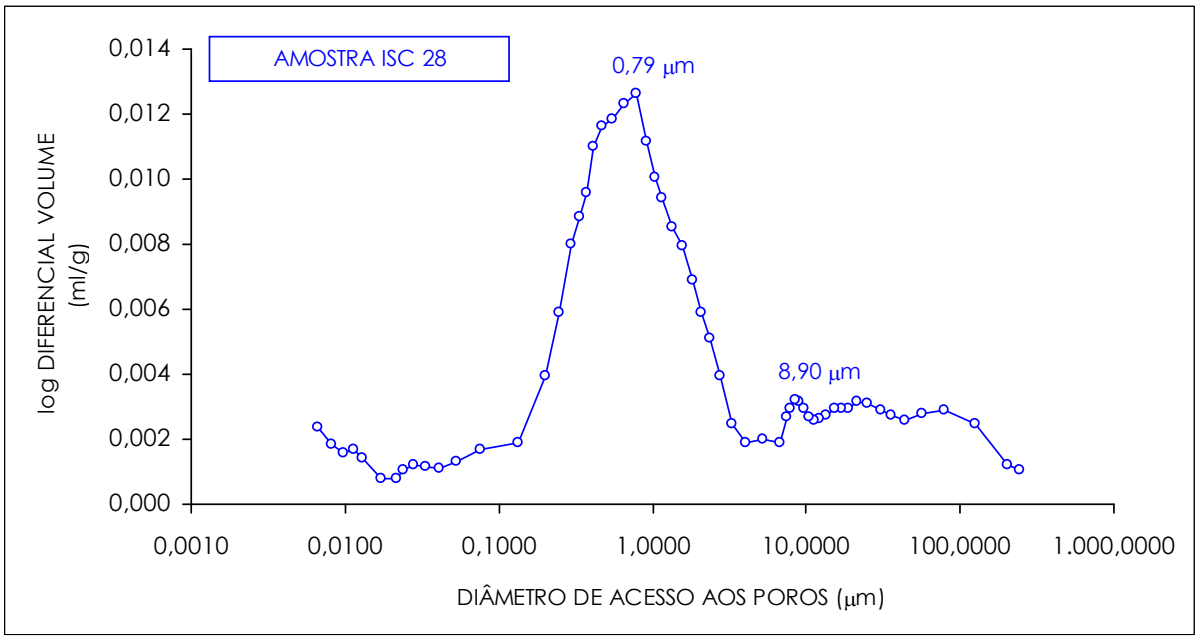


Figura 5.10 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra ISC 28 de aplito moscovítico meteorizado.

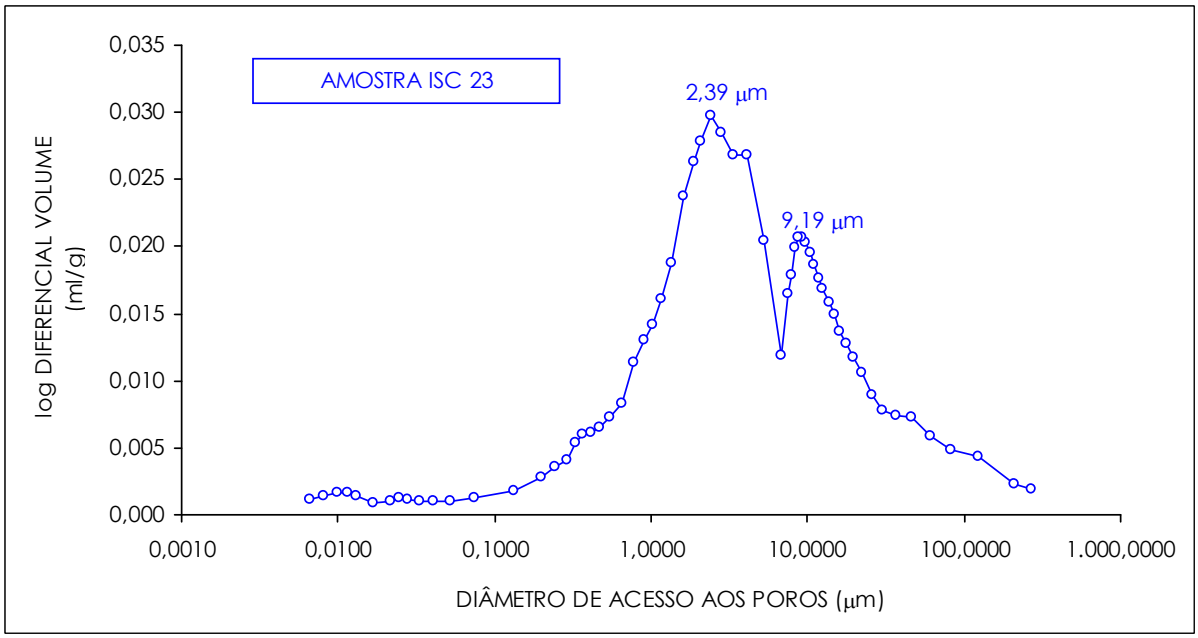


Figura 5.11 – Distribuição dos diâmetros de acesso às fissuras na amostra ISC 23 de aplito moscovítico meteorizado afectado por desagregação granular.

Quadro 5.7 – Valores limite dos diâmetros de acesso das principais famílias de poros de granitos de duas micas usados em monumentos e edifícios do Norte de Portugal.

Granito meteorizado, monumento ou edifício estudado	Família principal d_a (µm)	Família secundária d_a (µm)
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado	**0,76**	**9,49 – 13,03**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado	**0,78**	**9,05 – 16,09**
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara	**0,79**	
Amostra de fragmentos de aplito moscovítico, meteorizado, de cor cinzenta muito clara, afectado por desagregação granular de média intensidade	**2,39**	**9,19**
Granito do Porto meteorizado (Begonha et al, 1994, Begonha, 2001)	0,25 – 0,65	
Granito de Braga meteorizado (Alves, 1997)	0,4	
Granito de Gondizalves meteorizado (Alves, 1997)	0,4	
Mosteiro de São Miguel de Refojos – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2000)	1,0 – 3,0	
Hospital de Santo António – placa de Granito do Porto (Begonha, 2001)	5,5	
Mosteiro de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã (Begonha, 2002a)	1,5	
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão médio a grosseiro (Begonha, 2003c)	0,9 – 1,9	9,0 – 9,3
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão fino a médio (Begonha, 2003c)	1,9 – 4,0	8,6 – 9,4
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão grosseiro (Begonha, 2003a)	0,8 – 0,9	14,2 – 14,9
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão médio (Begonha, 2003a)	0,8 – 1,9	9,4
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino (Begonha, 2004a)	0,3 – 1,8	8,7 – 9,3
Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio – Granito do Porto (Moutinho, 2005)	10,7 – 18,5	1,6 – 2,8
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio(Fojo, 2006)	9,2 – 16,2	1,0 – 3,8
Igreja Matriz de Caminha – microgranito(Fojo, 2006)	2,0 – 4,9	8,7 – 10,1

5.3.4 – ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

No Quadro 5.1, apresentam-se os valores do aumento de peso por unidade de superfície e unidade de raiz quadrada do tempo (coeficiente de capilaridade A) e da ascensão da franja capilar por unidade de raiz quadrada do tempo (coeficiente de capilaridade B), obtidos do ensaio de absorção de água por capilaridade realizado nos vinte e três provetes cilíndricos de granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado, granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, muito meteorizado e aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara. Os resultados dos vinte e três provetes são apresentados no Anexo A.

No granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado, os valores do coeficiente de capilaridade A variam entre 0,0481 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ e 0,0584 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ (2,26% ≤ N_{48}

≤ 2,49%) e no granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado entre 0,2053 g×cm^{-2}×h$^{-1/2}$ e 0,3250 g×cm^{-2}×h$^{-1/2}$ (5,87% ≤ N_{48} ≤ 6,81%). No aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara, os valores do coeficiente de capilaridade A variam entre 0,0684 g×cm^{-2}×h$^{-1/2}$ e 0,0807 g×cm^{-2}×h$^{-1/2}$ (2,58% ≤ N_{48} ≤ 2,82%).

As Figuras 5.12, 5.13 e 5.14 mostram os resultados dos provetes ISC 1.1, ISC 4.5 e ISC 6.3, representativos do granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado, do mesmo granito mas muito meteorizado e do aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara.

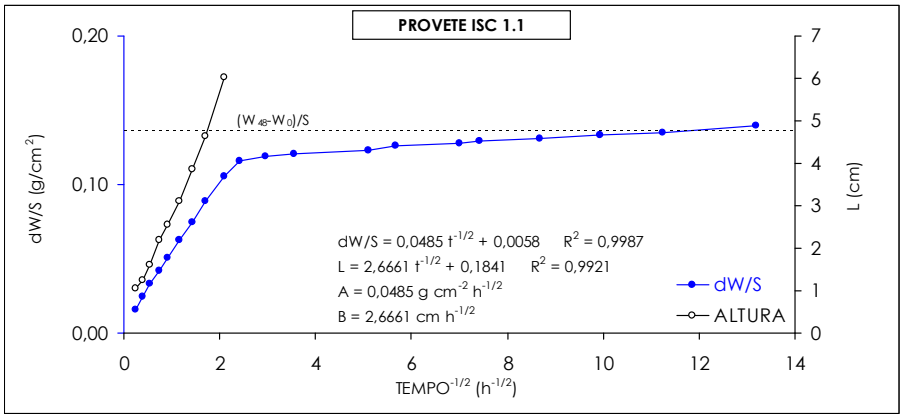


Figura 5.12 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete ISC 1.1 de granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado.

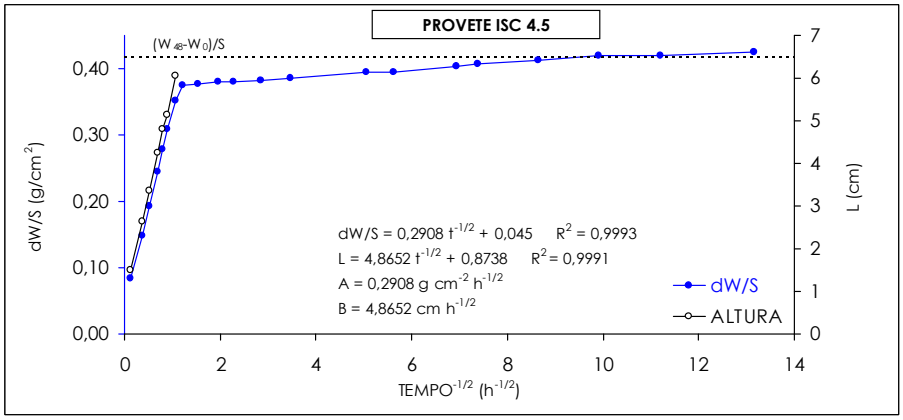


Figura 5.13 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete ISC 4.5 de granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, muito meteorizado.

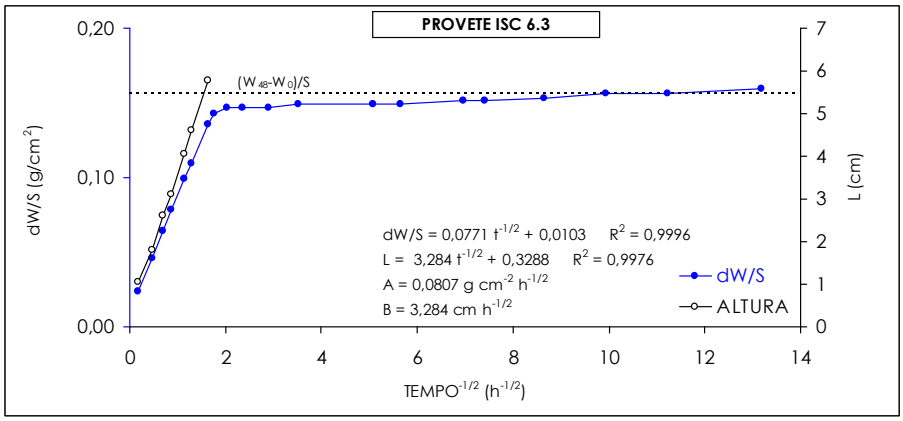


Figura 5.14 – Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade do provete ISC 6.3 de aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara.

Conforme se pode verificar no Quadro 5.8, os valores do coeficiente de capilaridade A são da mesma ordem de grandeza dos determinados em diversos edifícios e monumentos construídos com granitos de duas micas para valores idênticos de N_{48}.

Verifica-se que os valores do coeficiente de capilaridade A aumentam potencialmente com a porosidade livre às quarenta e oito horas ($A=0{,}0134\times N_{48}^{1{,}6517}$) para a totalidade dos provetes ensaiados, tendo sido obtido um elevado coeficiente de correlação $R^2=0{,}9825$ (Figura 5.15).

Relativamente aos dezasseis provetes de granito de grão médio a grosso porfiróide e aos sete provetes de aplito moscovítico, não se obtiveram boas correlações entre o coeficiente de capilaridade A e a porosidade livre às quarenta e oito horas.

Begonha (2001) obteve a correlação de tipo potencial $A=0{,}01639\times N_{48}^{1{,}4676}$ com $R^2=0{,}927$ entre os valores de A e de N_{48} para o granito do Porto. Fojo (2006) obteve uma boa correlação linear entre o conjunto de provetes de granito de duas micas e de microgranito ($A=0{,}1032\times N_{48}-0{,}2307$ com $R^2=0{,}9810$).

Quadro 5.8 – Valores limite do coeficiente de capilaridade A obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	**A ($g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$)**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26%≤N_{48}≤2,49%)	**0,0481 – 0,0584**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87%≤N_{48}≤6,81%)	**0,2053 – 0,3250**
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara (2,58%≤N_{48}≤2,82%)	**0,0684 – 0,0807**
Mosteiro de São Miguel de Refojos – granito de grão médio a grosseiro (7,36%≤N_{48}≤8,53%) (Begonha, 2000)	0,3504 – 0,5248
Mosteiro de São Miguel de Refojos – granito de grão médio a grosseiro (4,61%≤N_{48}≤4,88%) (Begonha, 2000)	0,1582 – 0,1810
Granito do Porto (6,26%≤N_{48}≤8,31%) (Begonha, 2001)	0,1830 – 0,4640
Granito do Porto (4,04%≤N_{48}≤4,94%) (Begonha, 2001)	0,1110 – 0,1940
Granito do Porto (2,26%≤N_{48}≤3,18%) (Begonha, 2001)	0,0565 – 0,0983
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por placas (6,29%≤N_{48}≤7,46%) (Begonha, 2001)	0,1830 – 0,2520
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por placas (3,38%≤N_{48}≤5,27%) (Begonha, 2001)	0,0920 – 0,1480
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por desagregação granular (3,96%≤N_{48}≤4,29%) (Begonha, 2001)	0,0930 – 0,1210
Mosteiro de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã (6,83%≤N_{48}≤8,58%) (Begonha, 2002a)	0,0891 – 0,2500
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão médio a grosseiro (6,09%≤N_{48}≤7,68%) (Begonha, 2003c)	0,2241 – 0,3933
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão médio a grosseiro (4,16%≤N_{48}≤5,87%) (Begonha, 2003c)	0,0793 – 0,3023
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão fino a médio (6,08%≤N_{48}≤7,26%) (Begonha, 2003c)	0,2376 – 0,3622
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão fino a médio (4,77%≤N_{48}≤5,88%) (Begonha, 2003c)	0,1745 – 0,2914
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão grosseiro (2,12%≤N_{48}≤4,00%) (Begonha, 2003a)	0,0475 – 0,1231
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão médio (2,75%≤N_{48}≤3,58%) (Begonha, 2003a)	0,0992 – 0,1503
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino (3,02%≤N_{48}≤4,19%) (Begonha, 2004a)	0,0837 – 0,2029
Igreja de Santa Maria de Leça – Granito do Porto (3,00%≤N_{48}≤3,66%) (Moutinho, 2005)	0,0988 – 0,1527
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (7,08%≤N_{48}≤10,30%) (Fojo, 2006)	0,4949 – 0,8590
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (4,85%≤N_{48}≤6,19%) (Fojo, 2006)	0,2451 – 0,3949
Igreja Matriz de Caminha – microgranito (4,04%≤N_{48}≤4,48%) (Fojo, 2006)	0,1783 – 0,2390
Sé Catedral de Évora (Costa, 2007)	0,4497±0,0392

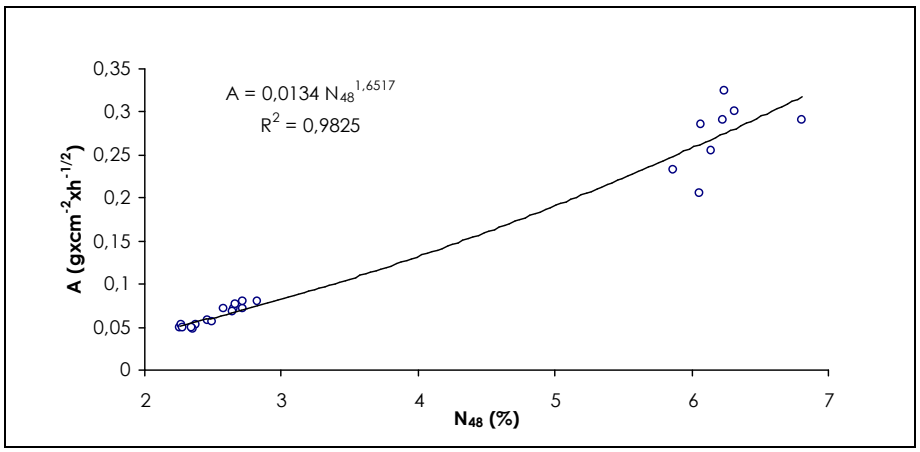


Figura 5.15 – Correlação potencial obtida entre o coeficiente de capilaridade A e N_{48} nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso e de aplito moscovítico empregues na Igreja de Santa Clara.

Através da análise do Quadro 5.1, verifica-se que os valores do coeficiente de capilaridade B (valor da progressão da ascensão da franja capilar por unidade da raiz quadrada do tempo) são muito elevados nos dois tipos de rochas graníticas estudadas na Igreja de Santa Clara, variando entre 2,4152 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ e 2,7603 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ ($2,26\% \leq N_{48} \leq 2,49\%$) no granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado e entre 4,3614 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ e 6,1254 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ ($5,87\% \leq N_{48} \leq 6,81\%$) no mesmo granito, mas muito meteorizado. No aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara, os valores do coeficiente de capilaridade B variam entre 2,7125 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ e 3,3916 $g \times cm^{-2} \times h^{-1/2}$ ($2,58\% \leq N_{48} \leq 2,82\%$). As Figuras 5.12 a 5.14 apresentam os valores do coeficiente de capilaridade B calculados nos provetes ISC 1.1, ISC 4.5 e ISC 6.3, representativos do granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado, do mesmo granito mas muito meteorizado e do aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara.

Conforme se pode verificar no Quadro 5.9, os valores do coeficiente de capilaridade B são da mesma ordem de grandeza dos determinados em diversos edifícios e monumentos construídos com granitos de duas micas para valores idênticos de N_{48}.

Verifica-se que os valores do coeficiente de capilaridade B aumentam potencialmente com a porosidade livre às quarenta e oito horas ($B=1,6088 \times N_{48}^{0,627}$) para a totalidade dos provetes ensaiados, tendo sido obtido um elevado coeficiente de correlação $R^2=0,9201$ (Figura 5.16).

Quadro 5.9 – Valores limite do coeficiente de capilaridade B obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	**B ($cm \times h^{-1/2}$)**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26%≤N_{48}≤2,49%)	**2,4152 – 2,7603**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87%≤N_{48}≤6,81%)	**4,3614 – 6,1254**
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara (2,58%≤N_{48}≤2,82%)	**2,7125 – 3,3916**
Granito de Braga (5,63%≤N_{48}≤7,19%) (Alves, 1997)	2,7 – 3,1
Granito de Gondizalves (2,32%≤N_{48}≤7,31%) (Alves, 1997)	2,8 – 5,1
Mosteiro de São Miguel de Refojos – granito de grão médio a grosseiro (7,36%≤N_{48}≤8,53%) (Begonha, 2000)	5,149 – 7,123
Mosteiro de São Miguel de Refojos – granito de grão médio a grosseiro (4,61%≤N_{48}≤4,88%) (Begonha, 2000)	3,448 – 4,607
Granito do Porto (6,26%≤N_{48}≤8,31%) (Begonha, 2001)	3,010 – 6,356
Granito do Porto (4,04%≤N_{48}≤4,94%) (Begonha, 2001)	2,666 – 4,658
Granito do Porto (2,26%≤N_{48}≤3,18%) (Begonha, 2001)	2,588 – 4,659
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por placas (6,29%≤N_{48}≤7,46%) (Begonha, 2001)	3,010 – 4,889
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por placas (3,38%≤N_{48}≤5,27%) (Begonha, 2001)	2,818 – 3,123
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por desagregação granular (3,96%≤N_{48}≤4,29%) (Begonha, 2001)	2,448 – 3,106
Mosteiro de São João de Tarouca – Granito de Vila Chã (6,83%≤N_{48}≤8,58%) (Begonha, 2002a)	1,5710 – 3,5111
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão médio a grosseiro (6,09%≤N_{48}≤7,68%) (Begonha, 2003c)	4,7261 – 7,0000
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão médio a grosseiro (4,16%≤N_{48}≤5,87%) (Begonha, 2003c)	2,4805 – 7,1991
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão fino a médio (6,08%≤N_{48}≤7,26%) (Begonha, 2003c)	4,2622 – 6,7697
Igreja de São Pedro de Rates – granito de grão fino a médio (4,77%≤N_{48}≤5,88%) (Begonha, 2003c)	3,9614 – 6,4640
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão grosseiro (2,12%≤N_{48}≤4,00%) (Begonha, 2003a)	2,1367 – 3,5821
Igreja Matriz de Espinho – granito de grão médio (2,75%≤N_{48}≤3,58%) (Begonha, 2003a)	3,7472 – 4,6574
Convento de São Gonçalo de Amarante – granito de grão fino (3,02%≤N_{48}≤4,19%) (Begonha, 2004a)	3,1357 – 5,6552
Igreja de Santa Maria de Leça – Granito do Porto (3,00%≤N_{48}≤3,66%) (Moutinho, 2005)	3,9793 – 6,1742
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (7,08%≤N_{48}≤10,30%) (Fojo, 2006)	7,9767 – 9,6345
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (4,85%≤N_{48}≤6,19%) (Fojo, 2006)	5,6148 – 7,1451
Igreja Matriz de Caminha – microgranito (4,04%≤N_{48}≤4,48%) (Fojo, 2006)	5,1410 – 6,6003

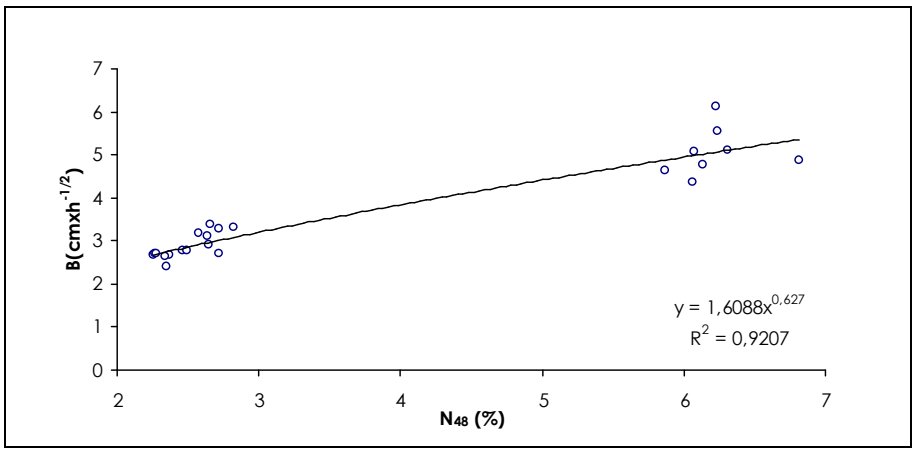


Figura 5.16 – Correlação potencial obtida entre o coeficiente de capilaridade B e N_{48} nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso e de aplito moscovítico empregues na Igreja de Santa Clara.

Relativamente aos dezasseis provetes de granito de grão médio a grosso porfiróide e aos sete provetes de aplito moscovítico, não se obtiveram boas correlações entre o coeficiente de capilaridade B e a porosidade livre às quarenta e oito horas.

Begonha (2001) obteve igualmente uma correlação de tipo potencial $B=1,4623\times N_{48}^{0,6330}$ com $R^2=0,676$ entre os valores de B e de N_{48} para o Granito do Porto.

Fojo (2006), obteve uma correlação polinomial entre o coeficiente de capilaridade B e N_{48} ($B=-0,0894\times N_{48}^2+2,0551\times N_{48}-2,1408$) com $R^2=0,9065$, atendendo unicamente aos dezoito provetes do granito de duas micas de grão médio utilizado na Igreja Matriz de Caminha. A mesma autora refere a ausência de uma boa correlação entre o coeficiente de capilaridade B e N_{48} ($B=0,9875\times N_{48}+1,7394$ com $R^2=0,0587$) nos doze provetes de microgranito de duas micas empregue no mesmo monumento dado os valores dos dois parâmetros serem bastante próximos.

Todavia, ao considerar a totalidade dos trinta provetes dos dois tipos de granitos, Fojo (2006) verificou existir uma boa correlação polinomial entre os dois parâmetros $B=-0,0034\times N_{48}^2+0,6996\times N_{48}+2,9076$ com $R^2=0,8683$.

No que concerne aos resultados de A e de B, obteve-se uma correlação potencial ($B=8,3647\times N_{48}^{0,3843}$) para a totalidade dos provetes ensaiados, tendo sido obtido um coeficiente de correlação igual a $R^2=0,9607$ (Figura 5.17).

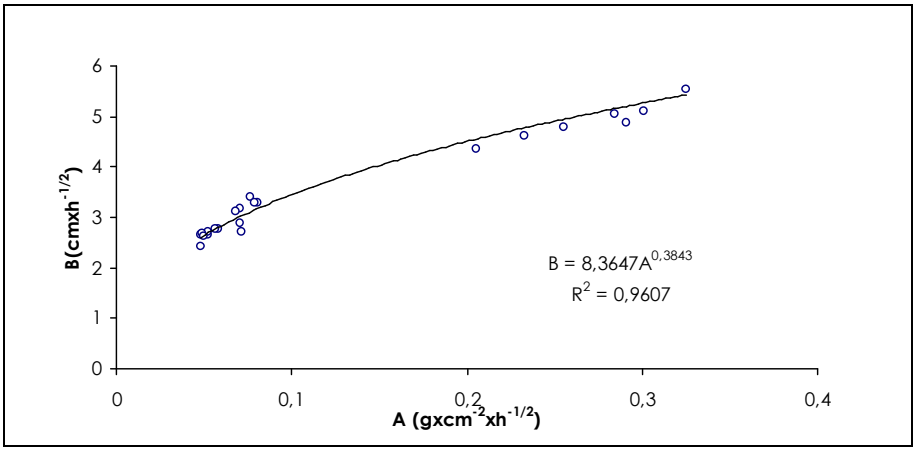


Figura 5.17 – Correlação potencial obtida entre os coeficientes de capilaridade A e B nos provetes de granito de duas micas de grão médio a grosso e de aplito moscovítico empregues na Igreja de Santa Clara.

Begonha (2001) obteve também uma correlação de tipo potencial $B=9,4958\times A^{0,4680}$ com $R^2=0,857$ entre os valores dos coeficientes de capilaridade B e A para o Granito do Porto.

Fojo (2006) obteve uma correlação polinomial entre os coeficientes de capilaridade A e B ($B=-8,4990\times A^2+15,7800\times A+2,2722$) com $R^2=0,9509$, atendendo unicamente aos dezoito provetes do granito de duas micas de grão médio utilizado na Igreja Matriz de Caminha. A mesma autora refere a ausência de uma boa correlação entre os dois coeficientes ($B=28,6610\times A-0,2818$ com $R^2=0,7910$) nos doze provetes de microgranito de duas micas empregue no mesmo monumento dado os valores dos dois parâmetros serem bastante próximos.

Todavia, ao considerar a totalidade dos trinta provetes dos dois tipos de granitos, Fojo (2006) verificou existir uma boa correlação polinomial entre os dois parâmetros A e B ($B=-4,8579\times A^2+11,2530\times A+3,5535$ com $R^2=0,9217$).

A velocidade de progressão da franja capilar, traduzida pelo coeficiente de capilaridade B, obtido nos dois tipos de rochas graníticas da Igreja de Santa Clara são muito altos e enquadram-se nos elevados valores publicados em trabalhos relativos a granitos de duas micas usados em edifícios e monumentos do Norte de Portugal (Quadro 5.9). Tal significa que, a transferência de soluções salinas ao longo da rede porosa das pedras dos dois tipos de rochas graníticas em estudo é muito rápida, apesar de os valores da porosidade serem relativamente baixos.

5.3.5 – EVAPORAÇÃO

O Quadro 5.1 apresenta, para os vinte e três provetes, os resultados do fluxo de evaporação constante q, relativo ao primeiro segmento da curva de evaporação dW/S(t), da saturação crítica S_c (ponto a partir do qual a evaporação deixa de se realizar à superfície do provete, passando a efectuar-se no seu interior) e, do instante tS_c em que a saturação crítica é atingida. O cálculo de q corresponde ao declive da recta ajustada pelo método dos mínimos quadrados aos resultados de dW/S e de t. Estes resultados

obtiveram-se nos provetes cilíndricos de granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado, no mesmo granito mas muito meteorizado e no aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara da Igreja de Santa Clara. No Anexo B, mostram-se os resultados obtidos nos vinte e três provetes.

Nas Figuras 5.18 a 5.20, encontram-se representados os gráficos correspondentes ao ensaio de evaporação realizado nos provetes ISC 2.2 de granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado, ISC 4.5 do mesmo granito mas muito meteorizado e ISC 5.1 de aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara. A análise destas figuras mostra que a curva da perda de peso por unidade de superfície (dW/S) em função do tempo (t) se divide em três segmentos distintos: o primeiro constituído por um segmento de recta de forte declive que corresponde a um período no qual o fluxo de evaporação do vapor de água q é constante; o segundo formado por um segmento intermédio curvo em que há uma diminuição progressiva do valor do fluxo de evaporação; o terceiro composto por um segmento rectilíneo com fluxo de evaporação constante, mas de declive muito inferior ao do primeiro segmento.

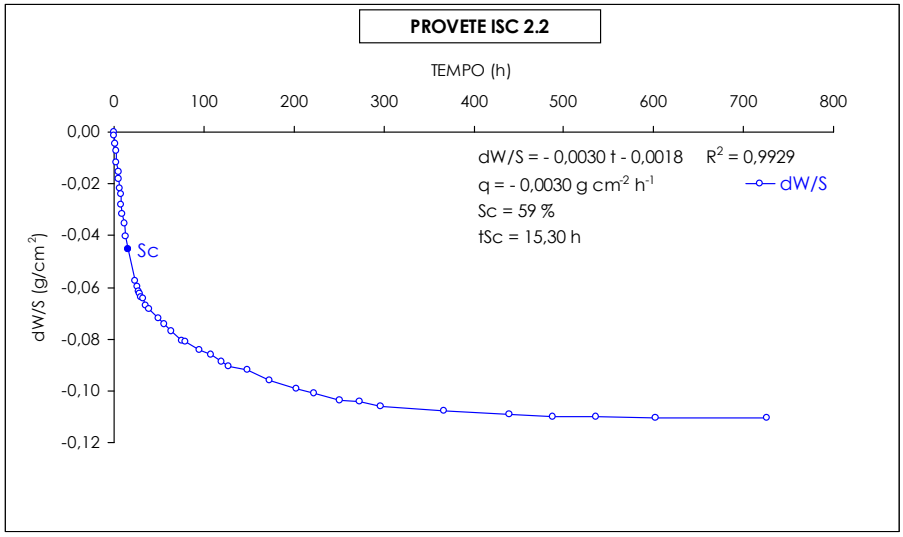


Figura 5.18 – Resultados do ensaio de evaporação do provete ISC 2.2 de granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado.

O fluxo de evaporação constante (q) varia, no granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado, entre - 0,0029 g×cm^{-2}×h^{-1} e - 0,0036 g×cm^{-2}×h^{-1}, no mesmo granito mas muito meteorizado entre - 0,0023 g×cm^{-2}×h^{-1} e - 0,0033 g×cm^{-2}×h^{-1} e no aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara entre - 0,0036 g×cm^{-2}×h^{-1} e - 0,0048 g×cm^{-2}×h^{-1}.

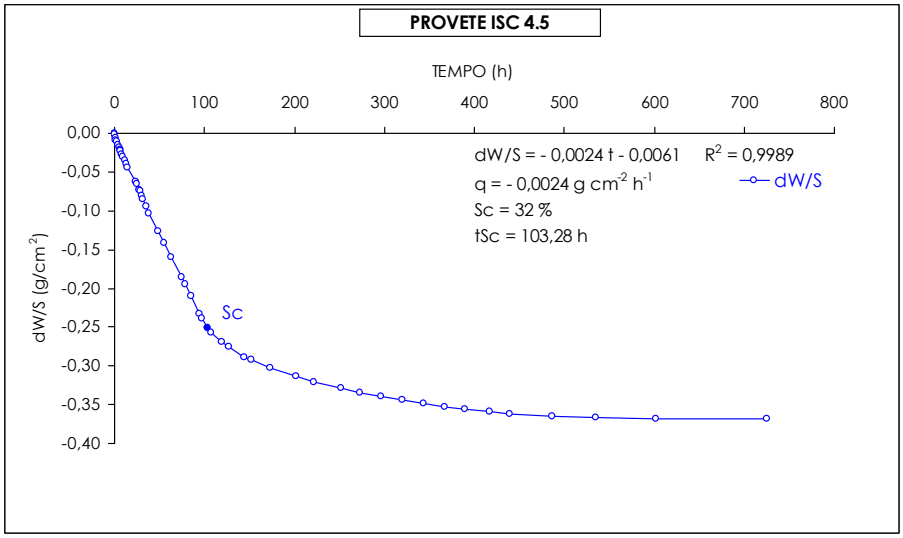


Figura 5.19 – Resultados do ensaio de evaporação do provete ISC 4.5 de granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, muito meteorizado.

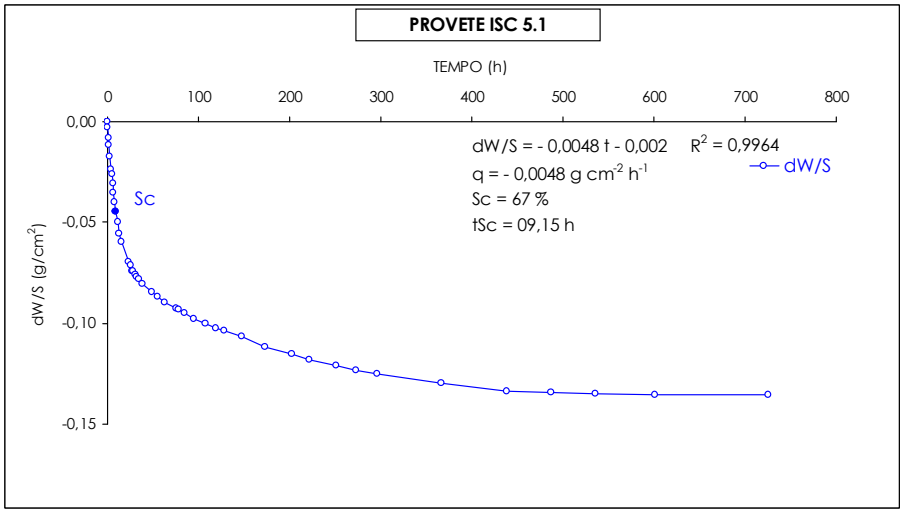


Figura 5.20 – Resultados do ensaio de evaporação do provete ISC 5.1 aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara.

Não se observam assim grandes variações de provete para provete no granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide (- 0,0032 ± 0,0003 g×cm^{-2}×h^{-1} no granito meteorizado e - 0,0027 ± 0,0003 g×cm^{-2}×h^{-1} no granito muito meteorizado) apesar da porosidade livre às quarenta e oito horas variar, no conjunto dos dezasseis provetes, de 2,26% a 6,81%.

Para além disso, o fluxo de evaporação é maior nos provetes de aplito moscovítico (- 0,0042 ± 0,0004 g×cm^{-2}×h^{-1}) do que nos de granito de duas micas de grão médio a grosso (- 0,0032 ± 0,0003 g×cm^{-2}×h^{-1}) para valores idênticos de porosidade livre (2,26%≤N_{48}≤2,82%).

Estes valores são da mesma ordem de grandeza dos obtidos por Begonha (2001) em provetes de Granito do Porto obtidos em pedras do Hospital de Santo António e por Fojo (2006) no granito de grão médio de duas micas e no microgranito empregues na Igreja Matriz de Caminha (Quadro 5.10).

Quadro 5.10 – Valores limite do fluxo de evaporação q obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	**q ($g x cm^{-2} \times h^{-1}$)**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado ($2,26\% \leq N_{48} \leq 2,49\%$)	**- 0,0029 a - 0,0036**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado ($5,87\% \leq N_{48} \leq 6,81\%$)	**- 0,0023 a - 0,0033**
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara ($2,58\% \leq N_{48} \leq 2,82\%$)	**- 0,0036 a - 0,0048**
Hospital de Santo António – pedras de paredes interiores de Granito do Porto meteorizado mas não deteriorado ($1,70\% \leq N_{48} \leq 2,84\%$) (Begonha, 2001)	- 0,0038 a - 0,0053
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por placas ($6,29\% \leq N_{48} \leq 7,46\%$) (Begonha, 2001)	- 0,0041 a - 0,0042
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por desagregação granular ($3,96\% \leq N_{48} \leq 4,29\%$) (Begonha, 2001)	- 0,0026 a - 0,0041
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio ($7,08\% \leq N_{48} \leq 10,30\%$) (Fojo, 2006)	- 0,0018 a - 0,0030
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio ($4,85\% \leq N_{48} \leq 6,19\%$) (Fojo, 2006)	- 0,0015 a - 0,0023
Igreja Matriz de Caminha – microgranito ($4,04\% \leq N_{48} \leq 4,48\%$) (Fojo, 2006)	- 0,0020 a - 0,0032

Nos provetes da Igreja de Santa Clara, os valores da saturação crítica (S_c) variam entre 50% e 59%, no caso do granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado, entre 32% e 49% no mesmo granito mas muito meteorizado, estando compreendidos entre 67% e 75% no aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara.

No granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, a saturação crítica parece diminuir com o aumento da porosidade livre (55,5% ± 3,3% no granito meteorizado e 37,4% ± 5,9% no granito muito meteorizado).

Para além disso, a saturação crítica é maior nos provetes de aplito moscovítico (70,7% ± 2,8%) do que nos de granito de duas micas de grão médio a grosso (55,5% ± 3,3%) para valores idênticos de porosidade livre ($2,26\% \leq N_{48} \leq 2,82\%$).

Os resultados da saturação crítica obtidos na Igreja de Santa Clara são da mesma ordem de grandeza dos obtidos por Begonha (2001) em provetes de Granito do Porto obtidos em pedras do Hospital de Santo António e por Fojo (2006) no granito de grão médio de duas micas e no microgranito empregues na Igreja Matriz de Caminha, para valores semelhantes de porosidade livre (Quadro 5.11).

Quadro 5.11 – Valores limite da saturação crítica Sc obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	Sc (%)
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26%≤N_{48}≤2,49%)	**50 – 59**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87%≤N_{48}≤6,81%)	**32 – 49**
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara (2,58%≤N_{48}≤2,82%)	**67 – 75**
Hospital de Santo António – pedras de paredes interiores de Granito do Porto meteorizado mas não deteriorado (1,70%≤N_{48}≤2,84%) (Begonha, 2001)	58 – 61
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por placas (6,29%≤N_{48}≤7,46%) (Begonha, 2001)	45 – 47
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por desagregação granular (3,96%≤N_{48}≤4,48%) (Begonha, 2001)	64 – 71
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (7,08%≤N_{48}≤10,30%) (Fojo, 2006)	29 – 41
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (4,85%≤N_{48}≤6,19%) (Fojo, 2006)	34 – 45
Igreja Matriz de Caminha – microgranito (4,04%≤N_{48}≤4,48%) (Fojo, 2006)	36 – 55

Nos provetes cilíndricos da Igreja de Santa Clara, o intervalo de tempo até se atingir a saturação crítica (tS_c) variam entre 15,2 h e 15,4 h no caso do granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide, meteorizado, entre 63,4 h e 103,3 h no mesmo granito mas muito meteorizado, estando compreendidos entre 9,0 h e 9,2 h no aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara.

Observam-se, consequentemente, grandes variações de provete para provete no granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência a porfiróide (15,3 h ± 0,1 h no granito meteorizado e 78,4 h ± 14,3 h no granito muito meteorizado).

O intervalo de tempo até se atingir a saturação crítica é significativamente menor nos provetes de aplito moscovítico (9,0 h ± 0,1 h) do que nos de granito de duas micas de grão médio a grosso (15,3 h ± 0,1 h) para valores idênticos de porosidade livre (2,26%≤N_{48}≤2,82%).

Os resultados do tempo de saturação crítica obtidos na Igreja de Santa Clara são da mesma ordem de grandeza dos obtidos por Begonha (2001) em provetes de Granito do Porto obtidos em pedras do Hospital de Santo António e por Fojo (2006) no granito de grão médio de duas micas e no microgranito empregues na Igreja Matriz de Caminha, para valores semelhantes de porosidade livre (Quadro 5.12).

Quadro 5.12 – Valores limite do tempo de saturação crítica tSc obtidos em granitos de duas micas empregues em monumentos e edifícios do Norte de Portugal.

Monumento ou edifício estudado	tSc (h)
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, meteorizado (2,26%≤N_{48}≤2,49%)	**15,2 – 15,4**
Igreja de Santa Clara – Granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide, muito meteorizado (5,87%≤N_{48}≤6,81%)	**63,4 – 103,3**
Igreja de Santa Clara – Aplito moscovítico, meteorizado de cor cinzenta muito clara (2,58%≤N_{48}≤2,82%)	**9,0 – 9,2**
Hospital de Santo António – pedras de paredes interiores de Granito do Porto meteorizado mas não deteriorado (1,70%≤N_{48}≤2,84%) (Begonha, 2001)	7,6 – 11,6
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por placas (6,29%≤N_{48}≤7,46%) (Begonha, 2001)	39,6 – 51,7
Hospital de Santo António – pedras de Granito do Porto afectadas por desagregação granular (3,96%≤N_{48}≤4,48%) (Begonha, 2001)	15,3 – 21,5
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (7,08%≤N_{48}≤10,30%) (Fojo, 2006)	81,3 – 175,8
Igreja Matriz de Caminha – granito de grão médio (4,85%≤N_{48}≤6,19%) (Fojo, 2006)	72,2 – 120,9
Igreja Matriz de Caminha – microgranito (4,04%≤N_{48}≤4,48%) (Fojo, 2006)	32,1 – 59,8

Na Igreja de Santa Clara, a maior rapidez com que a saturação crítica é atingida no aplito moscovítico relativamente ao granito de duas micas de grão médio a grosso vem de encontro com o que sucede na Igreja Matriz de Caminha, onde a saturação crítica é atingida mais prontamente no microgranito relativamente ao granito de duas micas de grão médio.

Contrariamente ao referido por Begonha (2001) e por Fogo (2006), na Igreja de Santa Clara de Vila do Conde não se obteve qualquer correlação entre a saturação crítica (Sc) e o tempo de saturação crítica (tSc) nem para os provetes de aplito, nem para os provetes de granito de duas micas nem para o conjunto dos provetes dos dois tipos de rochas.

5.4 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conclui-se portanto que as pedras de granito de duas micas de grão médio a grosseiro com tendência a porfiróide e de aplito moscovítico utilizadas na Igreja de Santa Clara em Vila do Conde apresentavam meteorização herdada da pedreira, aquando da construção do monumento, conforme mostram os resultados obtidos da densidade aparente, da porosidade livre às quarenta e oito horas e da porosidade total ao mercúrio. O grau de meteorização varia de pedra para pedra nos dois tipos de rochas existentes.

O meio poroso do aplito moscovítico meteorizado é muito diferente do meio poroso do granito de duas micas meteorizado. A rede porosa do aplito é unimodal e a do granito de duas micas de grão médio a grosso é bimodal. O diâmetro da família de fissuras é igual ao do da família principal de fissuras do granito de duas micas. O processo de deterioração transformou a rede porosa unimodal do aplito

meteorizado numa rede bimodal, aumentando significativamente o diâmetro da principal família de fissuras do aplito com desagregação granular e originando uma segunda família de fissuras. O processo de meteorização do granito de duas micas de grão médio a grosso não interferiu nem na importância relativa das duas famílias de fissuras, nem nas suas dimensões, conduzindo apenas a um maior número de fissuras.

No ensaio de absorção de água por capilaridade, o coeficiente de capilaridade B é muito elevado, pelo que a ascensão por capilaridade das soluções salinas nos dois tipos de rochas graníticas é muito rápida.

Os resultados mostram que a cinética da evaporação difere significativamente no aplito moscovítico e no granito de duas micas de grão médio a grosso com tendência porfiróide em situações de porosidade livre idênticas. Efectivamente, no aplito, a evaporação é mais intensa (o fluxo de evaporação é maior), a saturação crítica é atingida mais rapidamente (tempo de saturação crítica menor) e a percentagem de água evaporada no interior da rede porosa é maior (saturação crítica maior) do que no granito de duas micas de grão médio a grosseiro.

A transferência capilar e os três parâmetros da cinética de evaporação convergem no mesmo sentido, isto é, as soluções salinas tendem a provocar mais danos no aplito do que no granito de duas micas de grão médio a grosseiro, uma vez que a transferência capilar das soluções salinas é mais rápida, a cinética de evaporação das mesmas no interior da rede porosa do aplito é mais intensa e célere, conduzindo a ciclos de cristalização e dissolução dos minerais de sais solúveis mais rápidos, conduzindo a um maior grau de deterioração da pedra.

Os resultados da progressão da franja capilar, do fluxo de evaporação, da saturação crítica e do tempo de saturação crítica obtidos nos provetes da Igreja de Santa Clara podem assim explicar o maior grau de deterioração patente nas pedras de aplito ou de microgranito utilizadas sobretudo em portais e pedras ornamentadas em muitos monumentos do Norte de Portugal (Igrejas Matrizes de Caminha e de Vila do Conde, Convento de São Gonçalo de Amarante e Mosteiro de Paço de Sousa, por exemplo) comparativamente com o que sucede em pedras de granitos mais grosseiros principalmente utilizadas em silhares dos paramentos.

6

ESTUDO MINERALÓGICO DAS DETERIORAÇÕES

As amostras ISC 03, ISC 04, ISC 05, ISC 06, ISC 07, ISC 11, ISC 14, ISC 18, ISC 19, ISC 20, ISC 21 e ISC 24 foram observadas e analisadas por MEV. Identificaram-se diversos minerais de sais solúveis designadamente sulfatos – gesso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), thenardite (Na_2SO_4) e glauberite ($Na_2Ca(SO_4)_2$); carbonatos – thermonatrite ($Na_2CO_3 \cdot H_2O$), trona ($Na_3H(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$) e calcite ($CaCO_3$); cloretos – halite (NaCl); nitratos – nitratite ($NaNO_3$). No Quadro 6.1, apresentam-se as paragéneses dos minerais de sais solúveis identificados por MEV e por DRX.

Quadro 6.1 – Minerais de sais solúveis identificados por MEV e por DRX.

DETERIORAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	MINERAIS DE SAIS SOLÚVEIS
DESAGREGAÇÃO GRANULAR	Portal Norte	Halite
	Interior da Igreja	Gesso + halite + nitratite
PLAQUETAS	Portal Norte	Gesso + halite
	Interior da Igreja	Gesso + halite + calcite
EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS	Interior da Igreja	Thenardite
		Gesso + thenardite + glauberite
		Thermonatrite + trona
EFLORESCÊNCIAS *FLUFFY*	Interior da Igreja	Thermonatrite + trona
		Nitratite + gesso + halite
CROSTAS NEGRAS	Portal Norte	Gesso

6.1 – EXTERIOR DO MONUMENTO – PORTAL NORTE

6.1.1 – DESAGREGAÇÃO GRANULAR

A halite foi o único mineral de sal solúvel identificado na amostra ISC 19 (Quadro 6.2). Na amostra ISC 20, não se observou qualquer mineral de sal solúvel.

Quadro 6.2 – Portal Norte – Desagregação granular – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

DETERIORAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	AMOSTRAS	MINERAIS DE SAIS SOLÚVEIS
DESAGREGAÇÃO GRANULAR	Portal Norte	ISC 19	Halite
		ISC 20	

A halite aparece cristalizada sob a forma de cristais cúbicos euédricos (Figura 6.1a), cristais cúbicos subédricos exibindo figuras de dissolução (Figuras 6.1a, 6.1c), cristais com as formas simples cubo+octaedro subédricos exibindo figuras de dissolução (Figura 6.1d) e cristais anédricos mais ou menos isométricos exibindo figuras de dissolução (Figuras 6.1e, 6.1f).

Observaram-se ainda raras cinzas volante porosas, de natureza carbonosa, resultantes da queima incompleta de combustíveis fósseis (Figura 6.2a).

A actividade biológica é intensa na amostra ISC 20, tendo-se observado principalmente fungos (Figuras 6.2c, 6.2d, 6.2e) e algas (Figura 6.2 f).

6.1.2 – PLAQUETAS

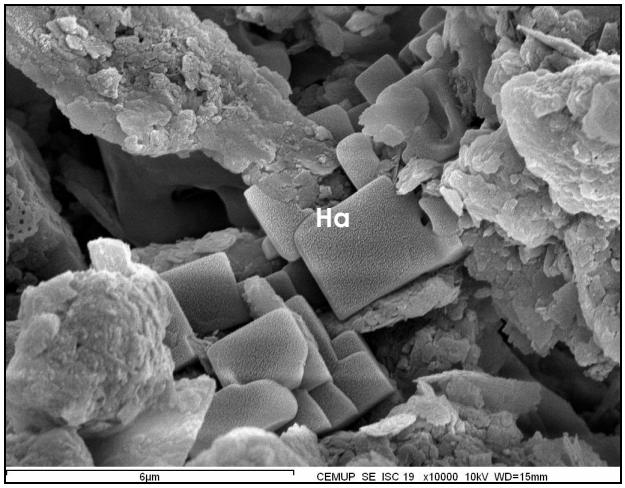
Na amostra ISC 18, o gesso é o mineral de sal solúvel dominante. Identificou-se ainda a halite (Quadro 6.3).

Quadro 6.3 – Portal Norte – Plaquetas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

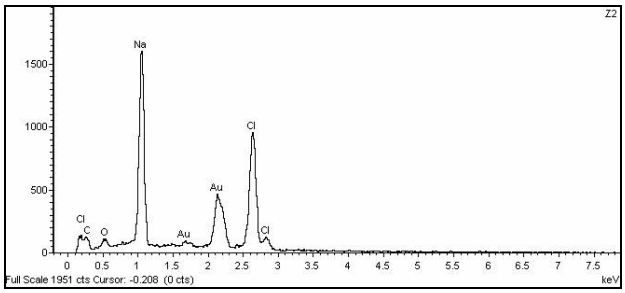
DETERIORAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	AMOSTRAS	MINERAIS DE SAIS SOLÚVEIS
PLAQUETAS	Portal Norte	ISC 18	Gesso + halite

O gesso cristaliza sob a forma de cristais subédricos exibindo figuras de dissolução (Figura 6.3a) e cristais anédricos exibindo figuras de dissolução (Figuras 6.3c, 6.3d, 6.3e).

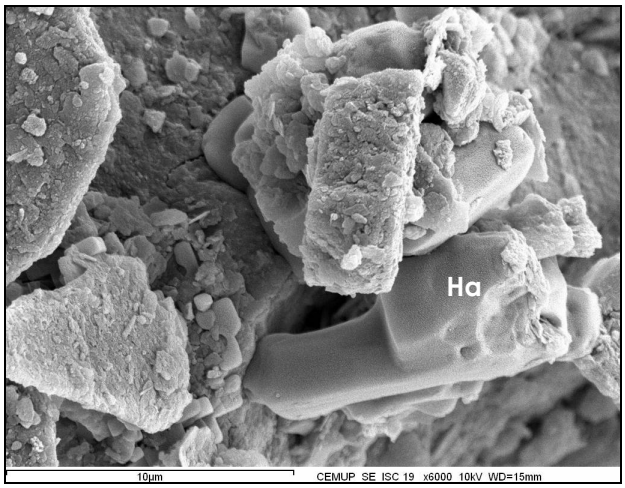
A halite exibe-se como cristais euédricos cúbicos (Figura 6.3e), cristais euédricos prismáticos (Figura 6.3e), cristais aciculares (Figura 6.4a), cristais anédricos mais ou menos isométricos delimitados por figuras de dissolução (Figuras 6.4b, 6.4c) e cristais anédricos exibindo figuras de dissolução (Figura 6.4d).



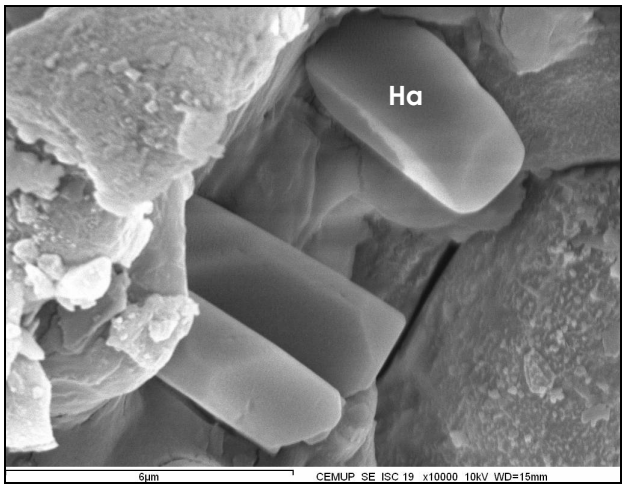
a)ISC 19 – Cristais cúbicos de halite (Ha), exibindo alguns figuras de dissolução



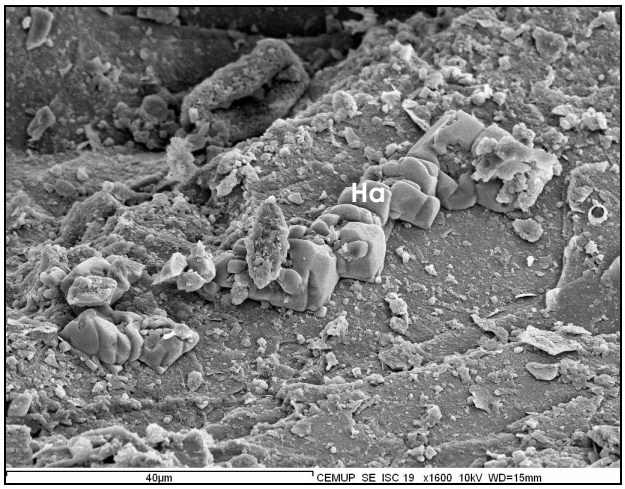
b) ISC 19 – Espectro da halite



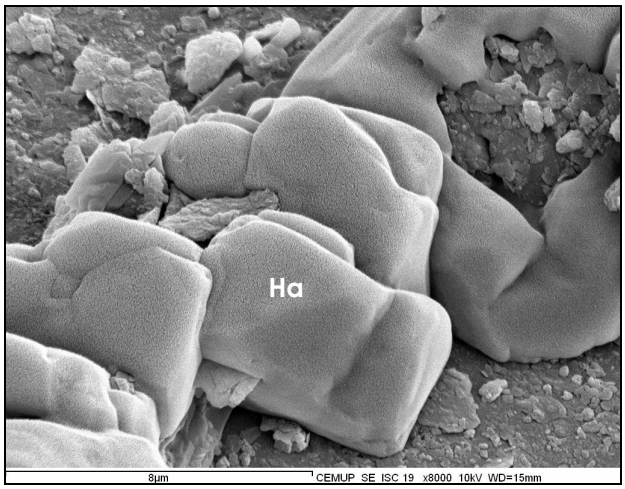
c) ISC 19 – Cristal de halite (Ha) parcialmente dissolvido



d) ISC 19 – Cristais de halite (Ha) parcialmente dissolvidos com as formas simples cubo + octaedro

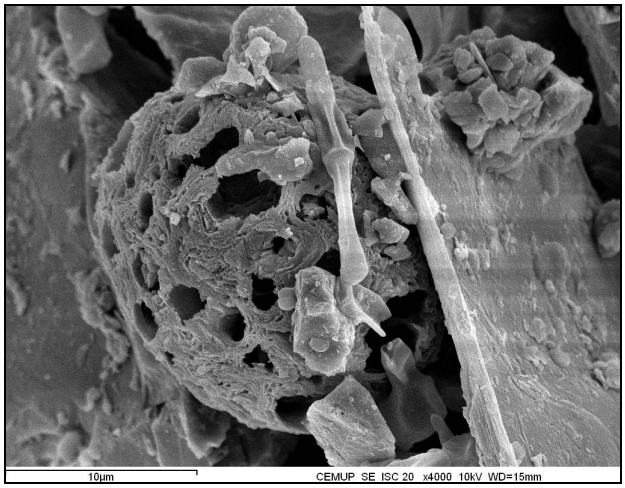


e) ISC 19 – Cristais de halite (Ha) parcialmente dissolvidos e material biológico

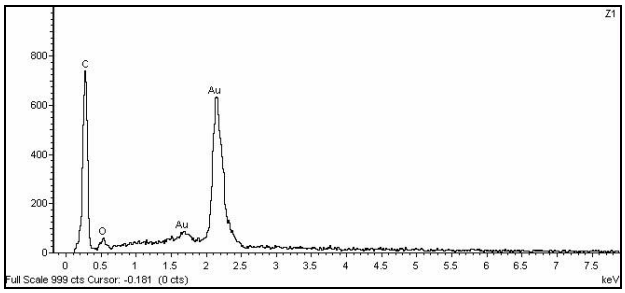


f) ISC 19 – Cristais de halite (Ha) parcialmente dissolvidos

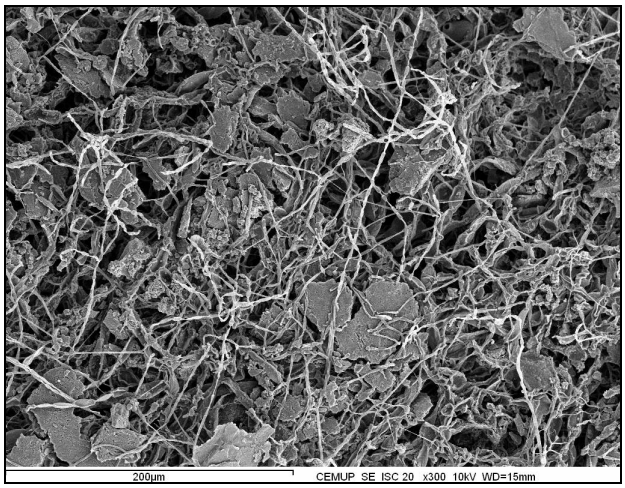
Figura 6.1 – Portal Norte – Desagregação granular – imagens e espectro da halite obtidos por MEV.



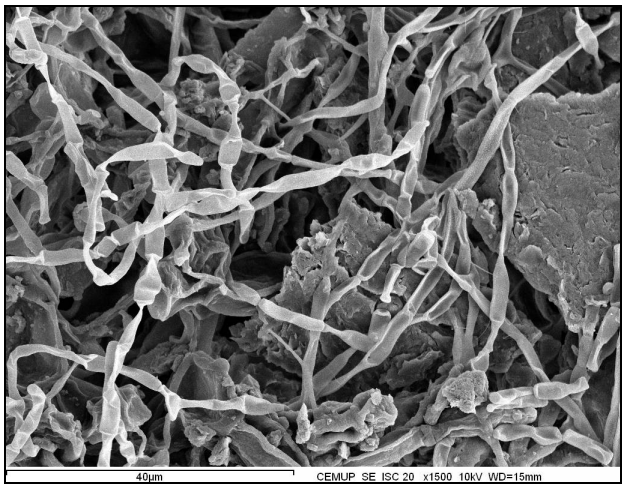
a) ISC 20 – Cinza volante porosa carbonosa e material biológico



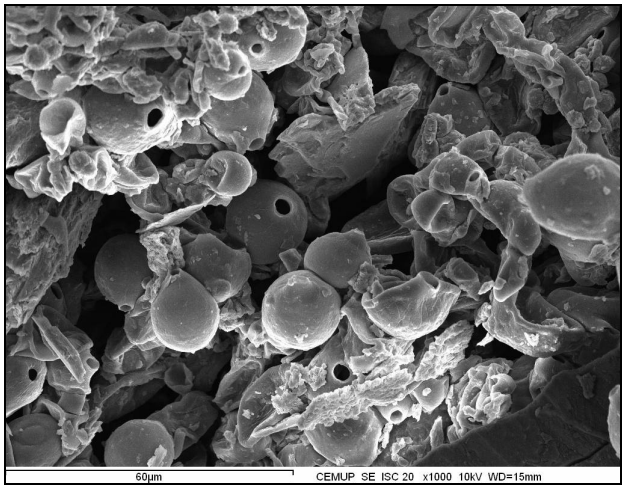
b) ISC 20 – Cinza volante porosa carbonosa



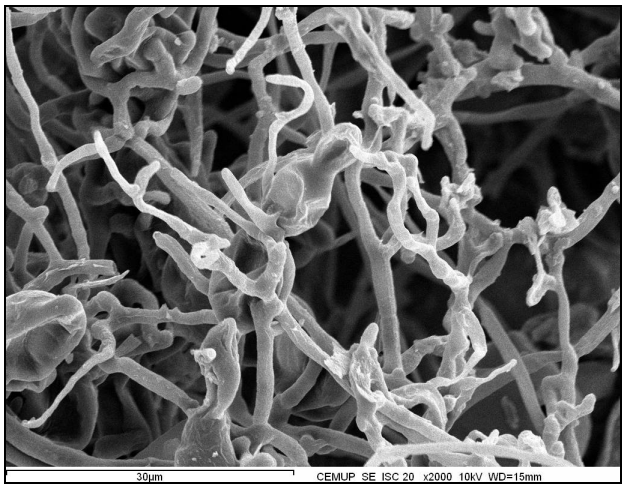
c)ISC 20 – Aspecto de contaminação orgânica



d) ISC 20 – Aspecto de contaminação orgânica

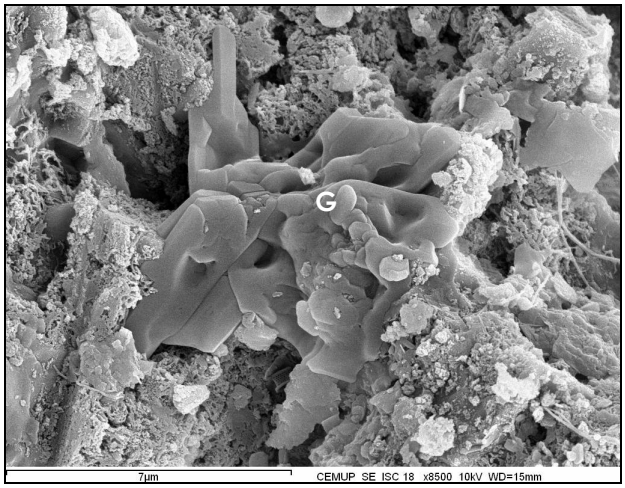


e) ISC 20 – Aspecto de contaminação orgânica

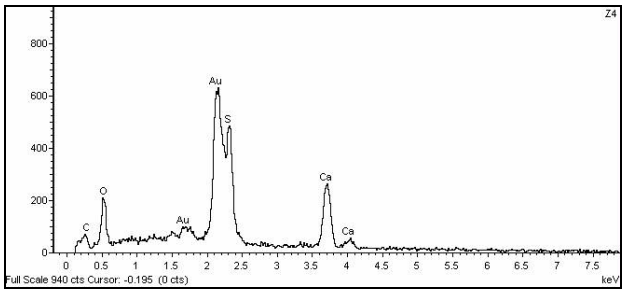


f) ISC 20 – Aspecto de contaminação orgânica

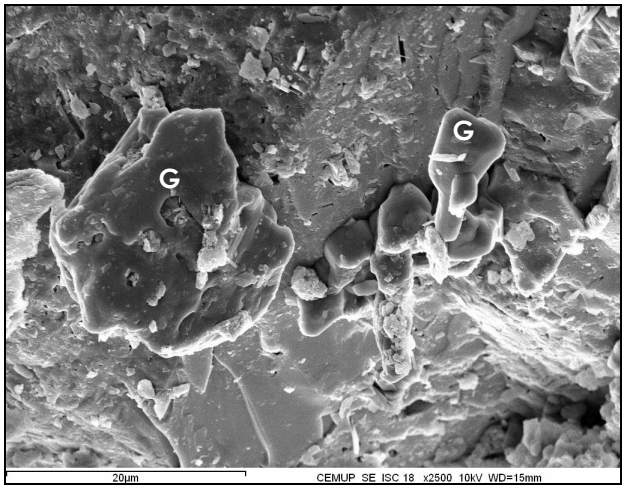
Figura 6.2 – Portal Norte – Cinza volante porosa – imagem e espectro; colonização biológica – imagens obtidos por MEV.



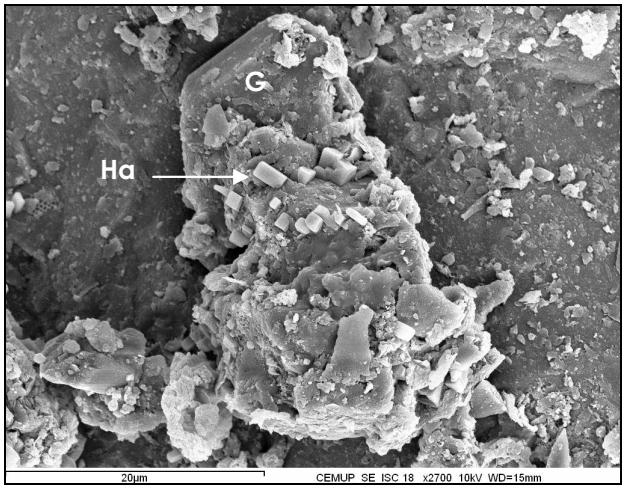
a) ISC 18 – Gesso (G) sobre feldspato potássico



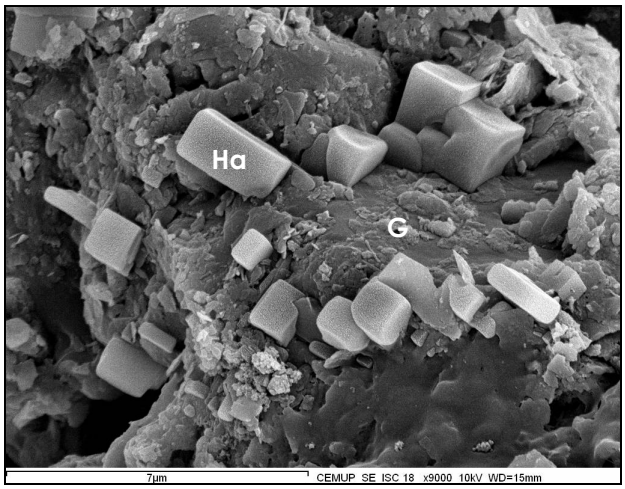
b) ISC 18 – Espectro do gesso



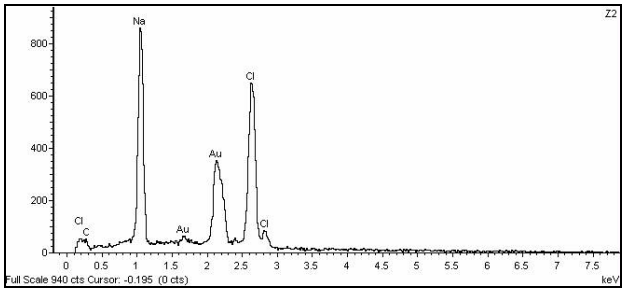
c)ISC 18 – Cristais anédricos de gesso (G)



d) ISC 18 – Cristais de halite (Ha) sobre gesso (G)

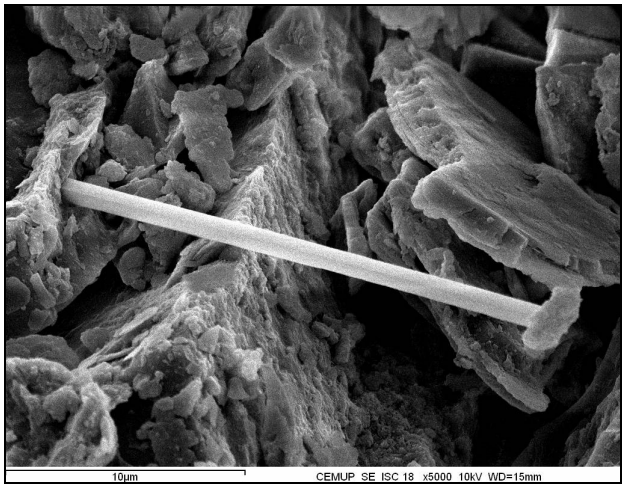


e) ISC 18 – Cristais prismáticos e cúbicos de halite (Ha) sobre gesso (G)

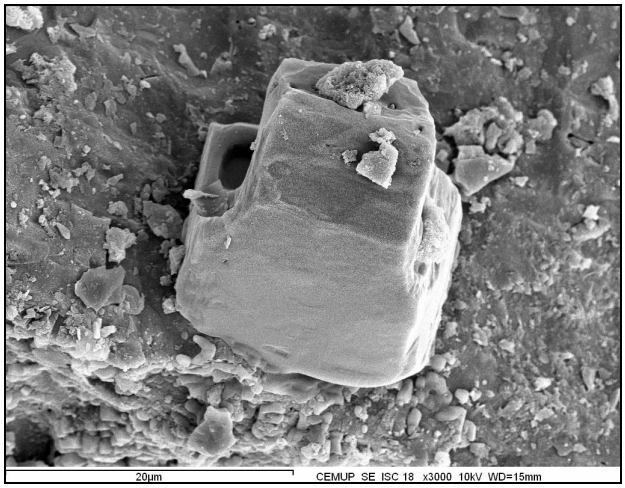


f) ISC 18 – Espectro da halite

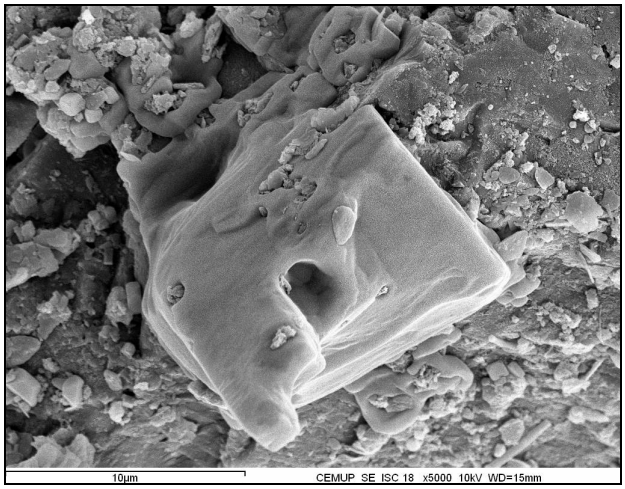
Figura 6.3 – Portal Norte – Plaquetas – imagens e espectros do gesso e da halite obtidos por MEV.



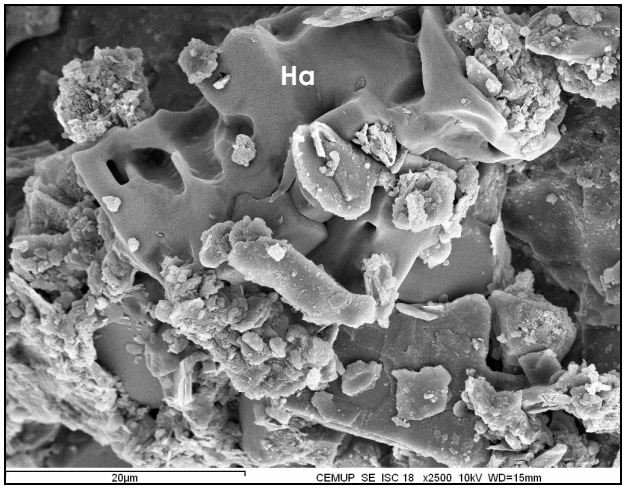
a) ISC 18 – Cristal acicular de halite



b) ISC 18 – Cristal de halite sobre felsdpato potássico



c) ISC 18 – Cristal de halite com figuras de dissolução



d) ISC 18 – Cristal de halite (Ha) com figuras de dissolução

Figura 6.4 – Portal Norte – Plaquetas – imagens da halite obtidas por MEV.

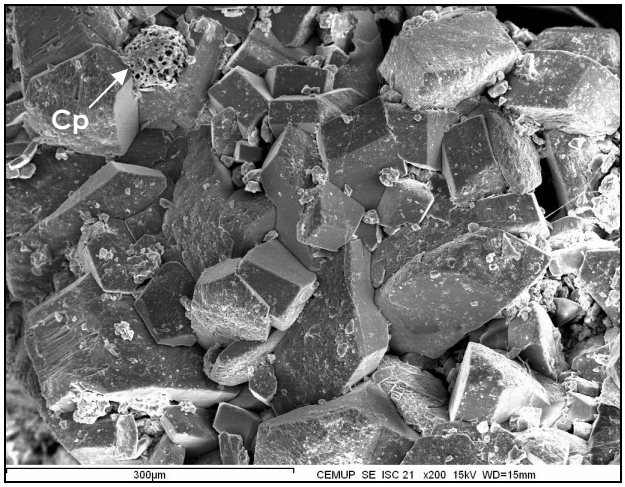
6.1.3 – CROSTAS NEGRAS

A crosta negra ISC 21 é essencialmente formada por cristais de gesso e cinzas volantes porosas de natureza carbonosa (Quadro 6.4 e Figuras 6.5a, 6.5b). As poeiras de rua constituídas por silicatos são raras.

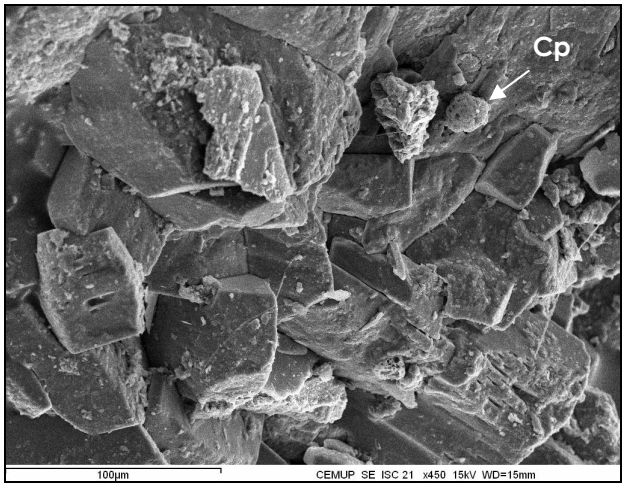
Quadro 6.4 – Portal Norte – Crostas negras – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

DETERIORAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	AMOSTRAS	MINERAIS DE SAIS SOLÚVEIS
CROSTAS NEGRAS	Portal Norte	ISC 21	Gesso

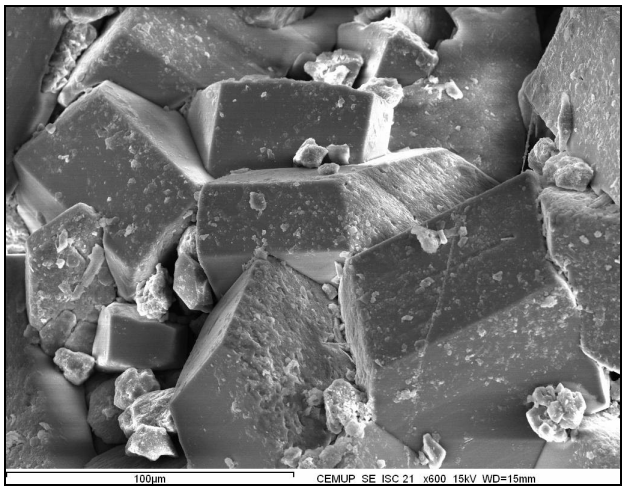
O gesso surge principalmente como cristais isométricos subédricos (Figuras 6.5a, 6,5b, 6.5c, 6.5e, 6.5f, 6.6a, 6.6e). Observaram-se igualmente alguns cristais com figuras de dissolução (Figuras 6.6a, 6.6b).



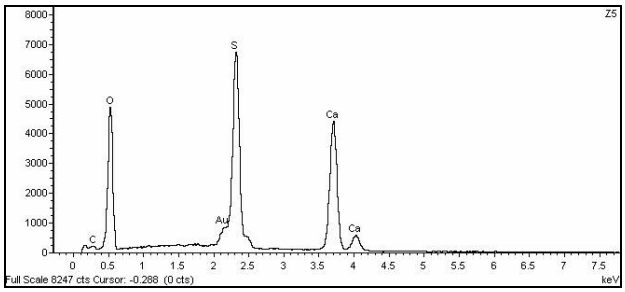
a) ISC 21 – Cristais isométricos subédricos de gesso e cinza volante porosa de natureza carbonosa (Cp)



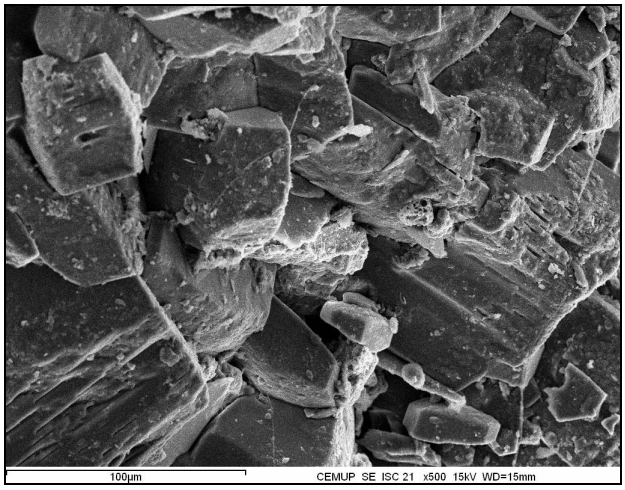
b) ISC 21 – Cristais isométricos subédricos de gesso e cinza volante porosa de natureza carbonosa (Cp)



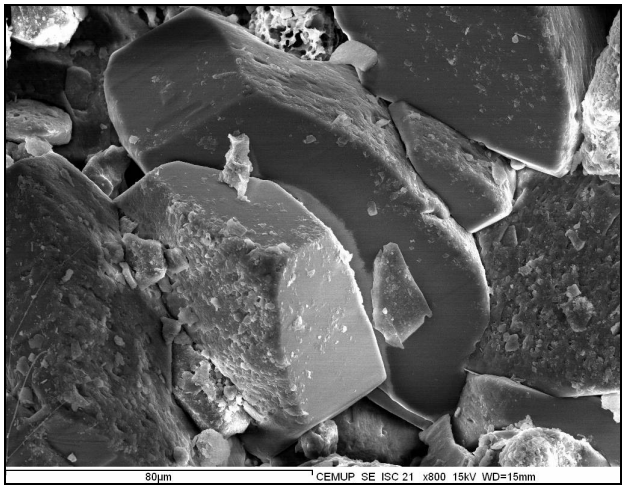
c) ISC 21 – Cristais isométricos subédricos de gesso



d) ISC 21 – Espectro do gesso

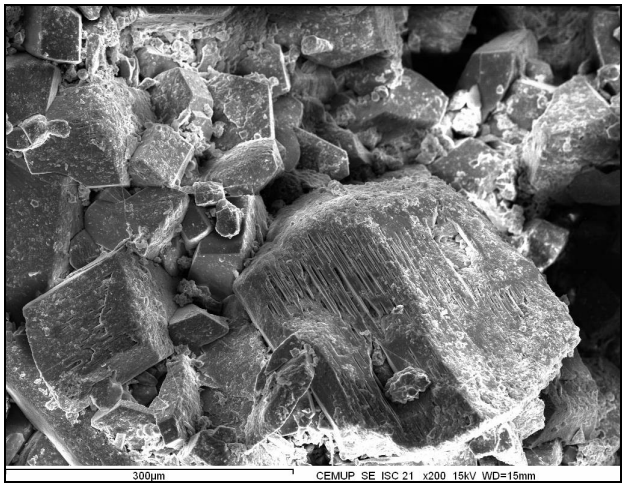


e) ISC 21 – Cristais isométricos subédricos de gesso

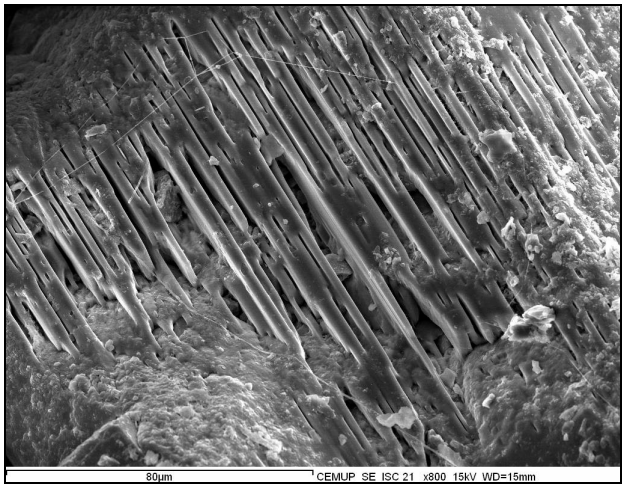


f) ISC 21 – Cristais isométricos subédricos de gesso

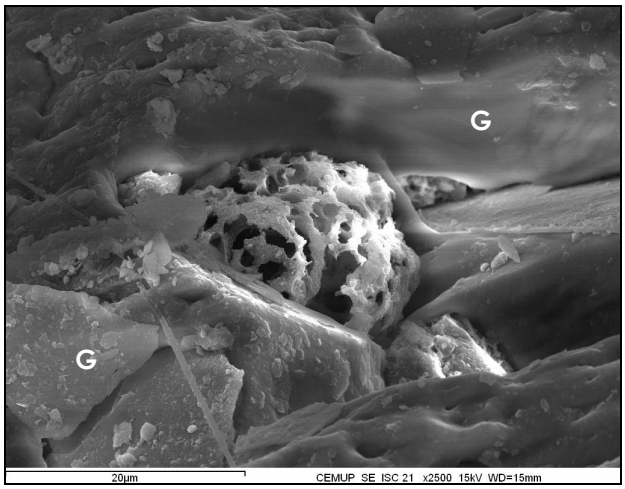
Figura 6.5 – Portal Norte – Crosta negra – imagens e espectro do gesso e imagens de cinzas volantes porosas obtidos por MEV.



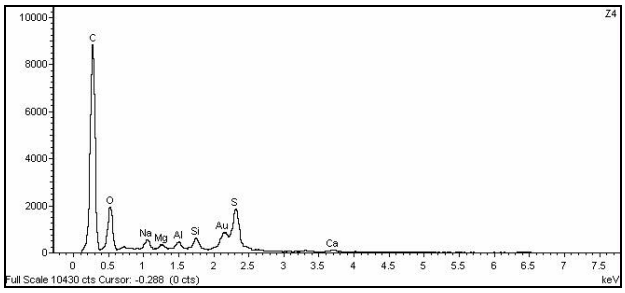
a)ISC 21 – Cristais isométricos subédricos de gesso, alguns exibindo figuras de dissolução



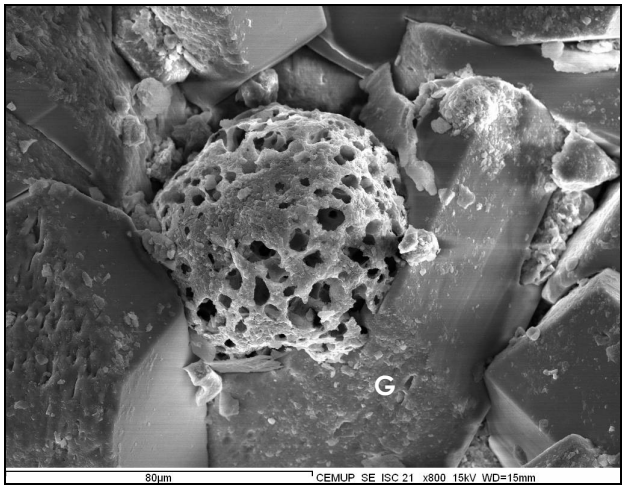
b) ISC 21 – Cristais de gesso exibindo figuras de dissolução



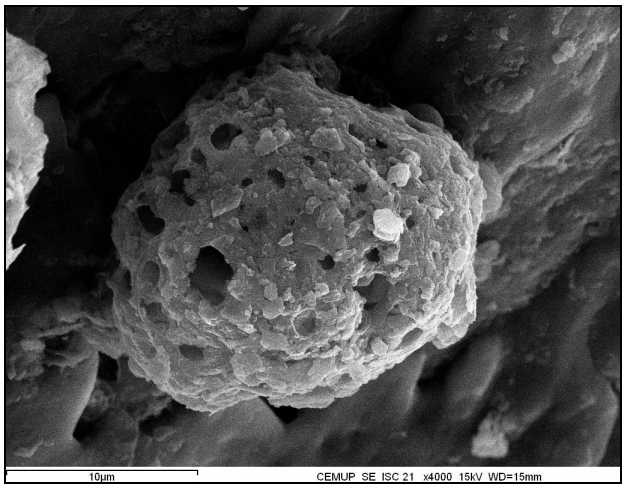
c) ISC 21 – Cinza volante porosa entre cristais de gesso (G), exibindo figuras de dissolução



d) ISC 21 – Espectro da cinza volante porosa carbonosa



e) ISC 21 – Cinza volante porosa carbonosa entre cristais de gesso (G)



f) ISC 21 – Cinza volante porosa carbonosa

Figura 6.6 – Portal Norte – Crosta negra – imagens e espectro de cinzas volantes porosas e imagens do gesso obtidos por MEV.

As cinzas volantes porosas de natureza carbonosa são frequentes (Figuras 6.6c, 6.6e, 6.6f). A actividade biológica é inexistente ou pouco significativa.

6.2 – INTERIOR DO MONUMENTO

6.2.1 – DESAGREGAÇÃO GRANULAR

Na amostra ISC 14, observaram-se cristais de gesso, halite e nitratite rara (Quadro 6.5).

Quadro 6.5 – Capela-mor – Desagregação granular – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

DETERIORAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	AMOSTRAS	MINERAIS DE SAIS SOLÚVEIS
DESAGREGAÇÃO GRANULAR	Capela-mor	ISC 14	Gesso + halite + nitratite

O gesso apresenta-se em cristais de diferentes formas e hábitos, nomeadamente cristais tabulares de hábito pseudo-hexagonal (Figuras 6.7a, 6.7c, 6.7d), cristais anédricos (Figura 6.7a, 6.7e) e cristais subédricos (Figura 6.7a, 6.7e).

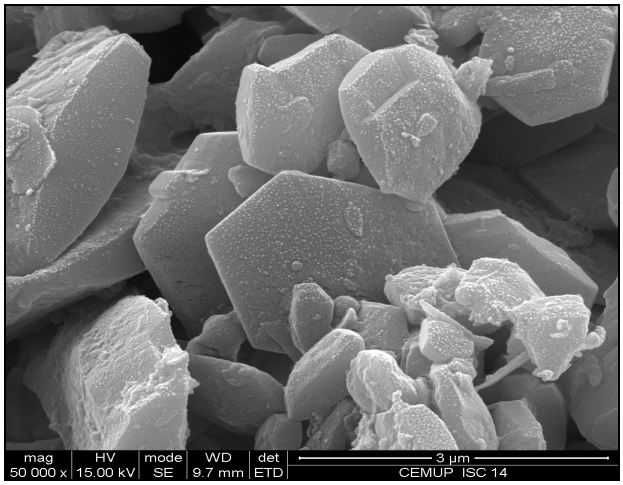
A halite aparece como cristais anédricos com figuras de dissolução (Figuras 6.8a, 6.8e, 6.8f), cristais subédricos com figuras de dissolução (Figura 6.8b), cristais prismáticos com figuras de dissolução (Figura 6.8c) e pequenos cristais cúbicos euédricos (Figura 6.8f).

A nitratite é rara e exibe-se como cristais anédricos integralmente delimitados por figuras de dissolução (Figura 6.9a).

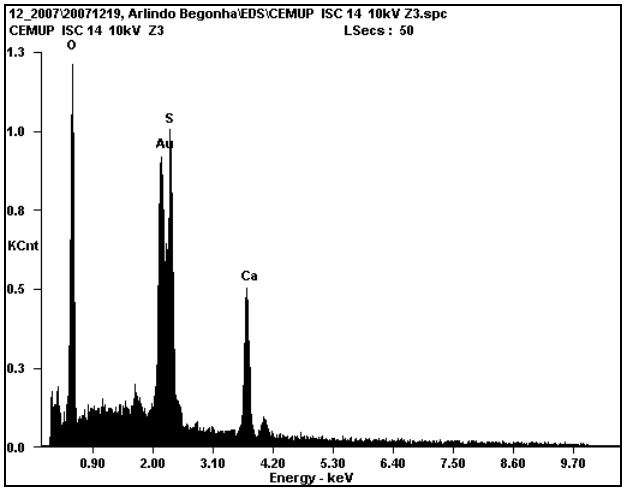
A actividade biológica é muito pouco significativa, tendo-se observado algumas algas (Figura 6.9c).

6.2.2 – EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS E DO TIPO *FLUFFY*

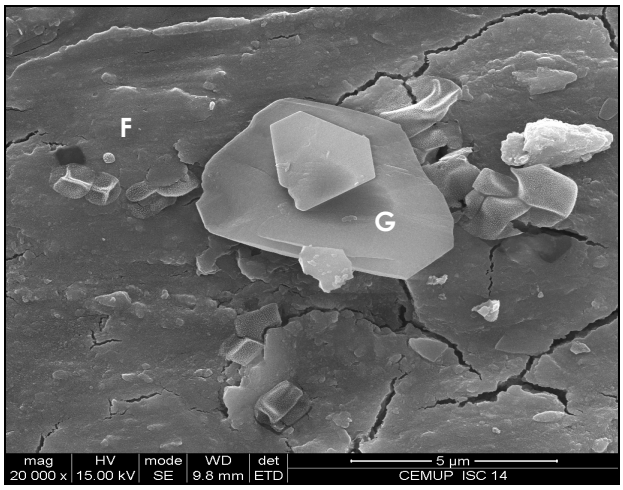
Macroscopicamente, distinguem-se dois tipos de eflorescências: as eflorescências pulverulentas, mais frequentes, e as de tipo *fluffy*. Visitas sucessivas ao monumento, mostraram que as eflorescências de tipo *fluffy* evoluem, por envelhecimento, para eflorescências do tipo pulverulento. Este fenómeno sucede por variações do teor de humidade no interior da rede porosa dos substratos porosos, no caso presente do granito e/ou das argamassas, e/ou por diminuição da humidade relativa do ar. Este processo de envelhecimento foi estudado por Arnold (1976), Arnold e Kueng (1985), Arnold e Zehnder (1985, 1987, 1989), Zehnder e Arnold (1988, 1989), Freitas et al. (1997) e Begonha (2000).



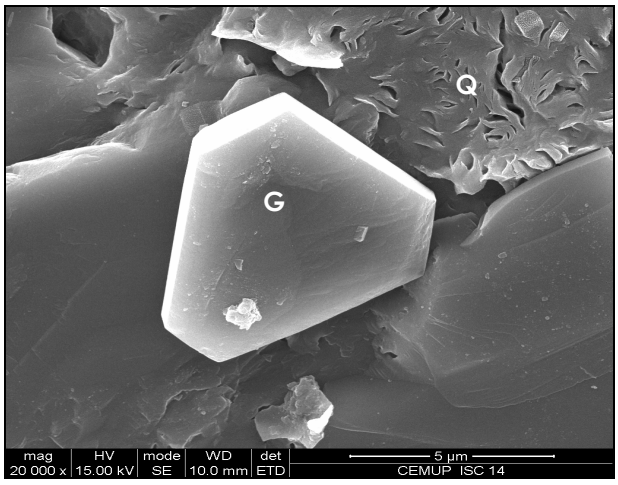
a) ISC 14 – Agregado de cristais de gesso com diferentes formas e hábitos: cristais tabulares de hábito pseudo-hexagonal; cristais anédricos; cristais subédricos



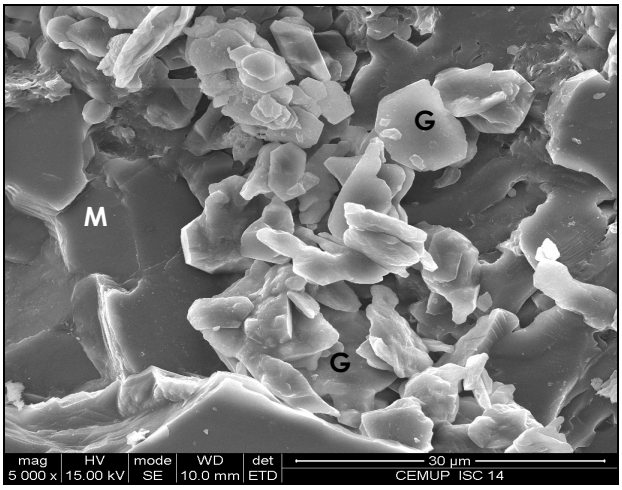
b) ISC 14 – Espectro do gesso



c) ISC 14 – Cristais tabulares de gesso (G) pseudo-hexagonal sobre feldspato potássico (F) e algas

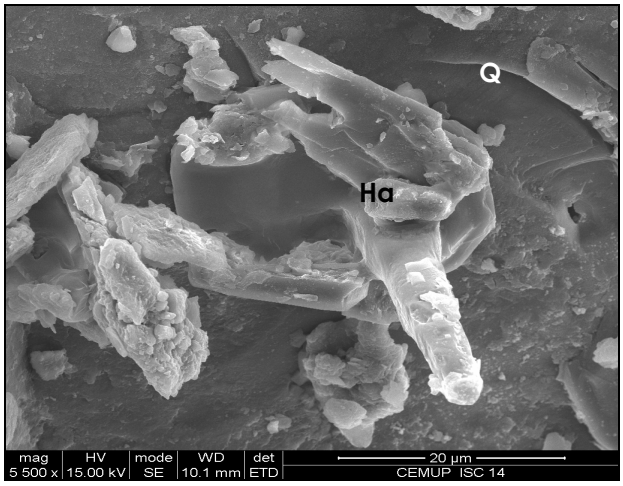


d) ISC 14 – Cristal tabular pseudo-hexagonal de gesso (G) sobre quartzo (Q)

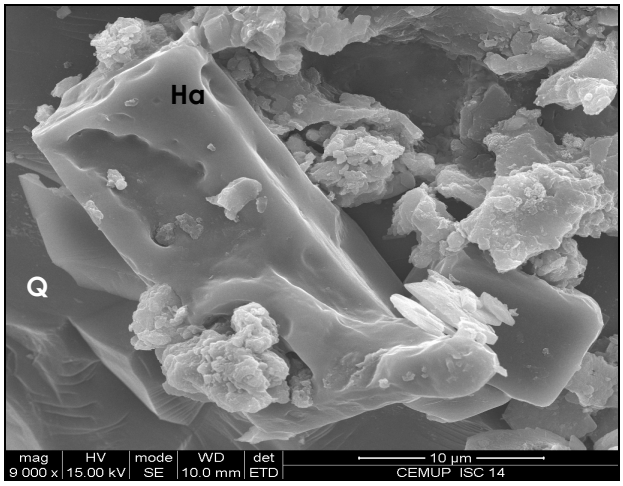


e) ISC 14 – Cristais anédricos e subédricos de gesso (G) exibindo figuras de dissolução sobre moscovite (M)

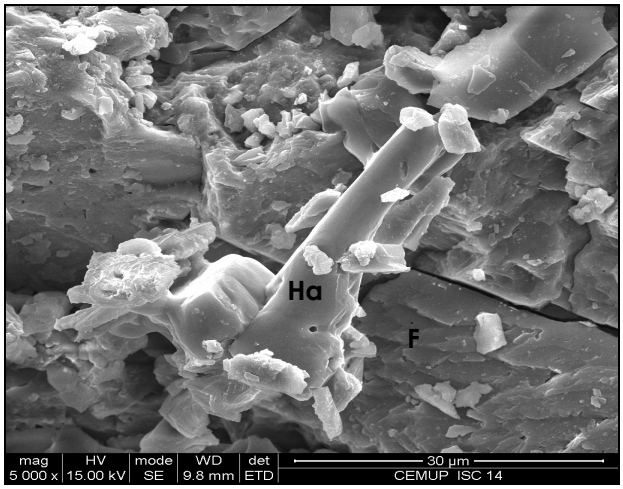
Figura 6.7 – Capela-mor – Desagregação granular – imagens e espectro do gesso obtidos por MEV.



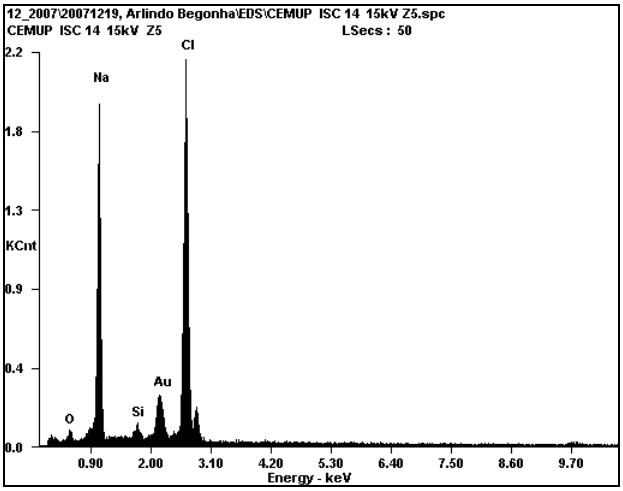
a)ISC 14 – Cristal anédrico de halite (Ha) sobre quartzo (Q)



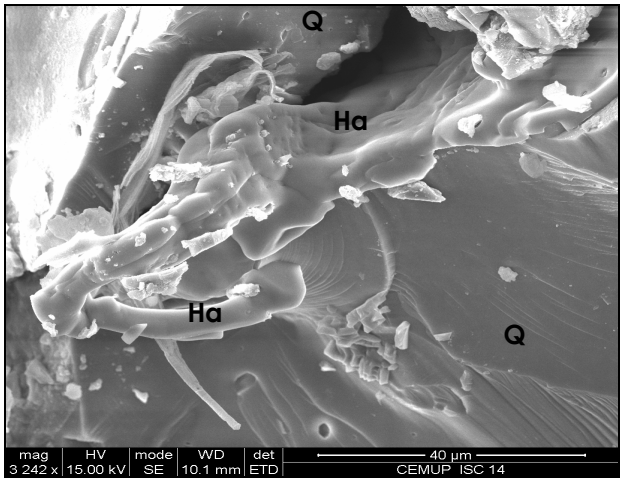
b) ISC 14 – Cristal de halite (Ha) subédrico com figuras de dissolução sobre quartzo (Q)



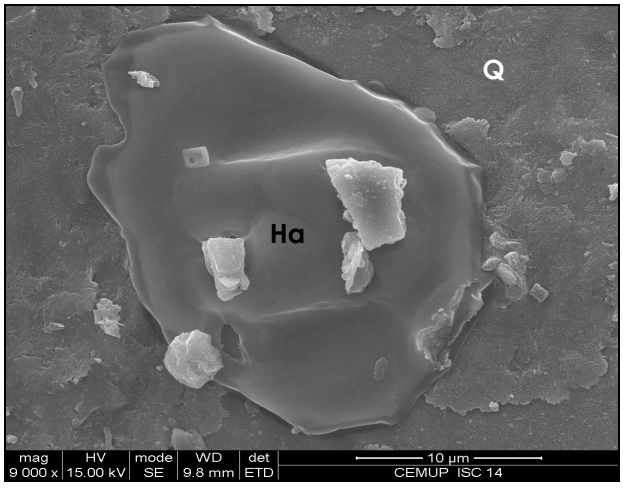
c) ISC 14 – Cristal prismático de halite (Ha) com figuras de dissolução sobre feldspato potássico (F)



d) ISC 14 – Espectro da halite

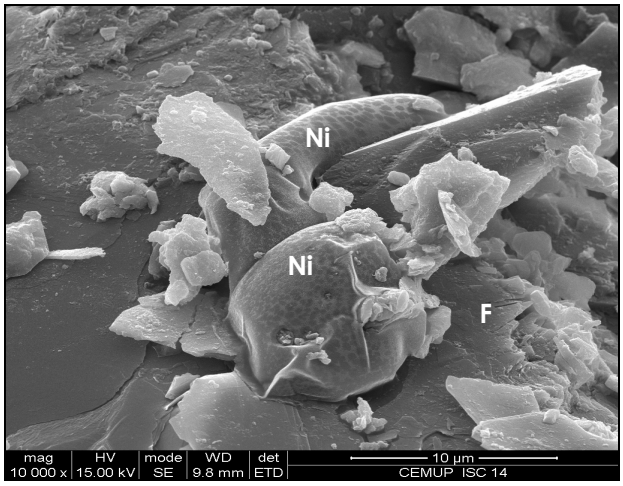


e) ISC 14 – Halite (Ha) com figuras de dissolução sobre quartzo (Q)

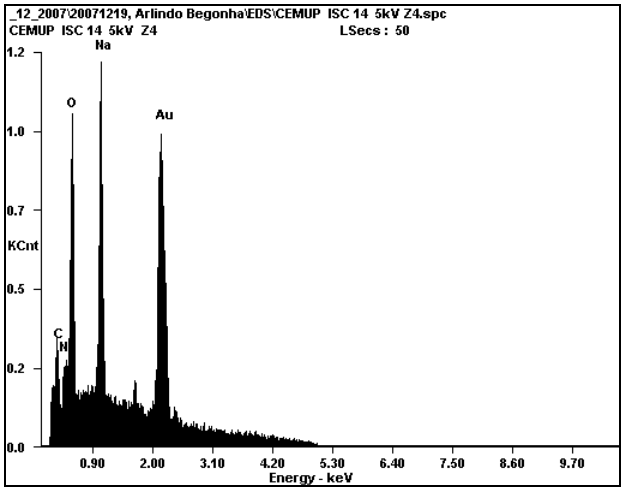


f) ISC 14 – Cristal de halite (Ha) anédrico com figuras de dissolução e cubos pequenos de halite sobre quartzo (Q)

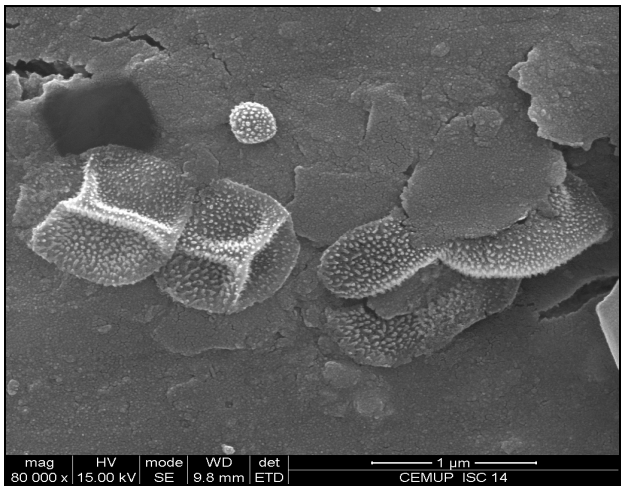
Figura 6.8 – Capela-mor – Desagregação granular – imagens e espectro da halite obtidos por MEV.



a)ISC 14 – Cristais anédricos de nitratite (Ni) com figuras de dissolução sobre feldspato potássico (F).



b) ISC 14 – Espectro da nitratite



c) ISC 14 – Algas sobre feldspato potássico.

Figura 6.9 – Capela-mor – Desagregação granular – imagens da nitratite e de algas e espectro da nitratite obtidos por MEV.

Nos Quadros 6.6 e 6.7, apresentam-se os minerais de sais solúveis identificados respectivamente nas amostras de eflorescências pulverulentas e de eflorescências do tipo *fluffy*.

Quadro 6.6 – Capela-mor / Absidíolo Sul – Eflorescências pulverulentas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

DETERIORAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	AMOSTRAS	MINERAIS DE SAIS SOLÚVEIS
EFLORESCÊNCIAS PULVERULENTAS	Capela-mor	ISC 03	Thenardite
	Absidíolo Sul	ISC 05	Gesso + thenardite + glauberite
	Capela-mor	ISC 11	Trona + thermonatrite

Quadro 6.7 – Absidíolo Sul – Eflorescências do tipo *fluffy* – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

DETERIORAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	AMOSTRAS	MINERAIS DE SAIS SOLÚVEIS
EFLORESCÊNCIAS *FLUFFY*	Absidíolo Sul	ISC 04	Thermonatrite + trona
		ISC 06	Nitratite + gesso + halite
		ISC 07	Thermonatrite + trona

Quer as eflorescências pulverulentas, quer as eflorescências *fluffy*, são mineralogicamente de dois tipos: as eflorescências em que predominam os sulfatos e/ou nitratos (eflorescências pulverulentas ISC 03 e ISC 05 e eflorescência *fluffy* ISC 06); as eflorescências constituídas por carbonatos (eflorescência pulverulenta ISC 11 e eflorescências *fluffy* ISC 04 e ISC 07).

Nas amostras em que predominam os sulfatos e/ou nitratos, identificaram-se o gesso, a thenardite, a nitratite, a glauberite e a halite. Nas amostras constituídas por carbonatos, identificaram-se a thermonatrite e a trona.

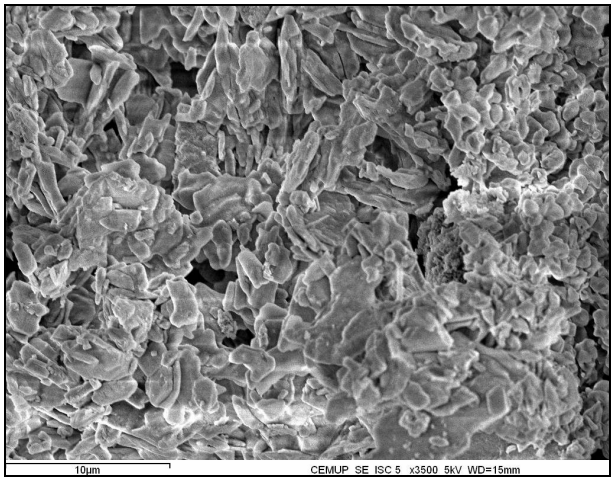
O gesso exibe-se de diferentes formas e hábitos, nomeadamente cristais tabulares em forma de ponta de lança (Figuras 6.10a, 6.10c, 6.10d), cristais anédricos (Figuras 6.10a, 6.10c), cristais anédricos com figuras de dissolução (Figura 6.10e) e cristais prismáticos subédricos (Figura 6.10f).

A thenardite aparece sob a forma de agregados pulverulentos constituídos por cristais anédricos angulares (Figuras 6.11a, 6.11c) e de agregados pulverulentos formados por cristais anédricos arredondados integralmente delimitados por figuras de dissolução (Figuras 6.11d, 6.11e, 6.11f).

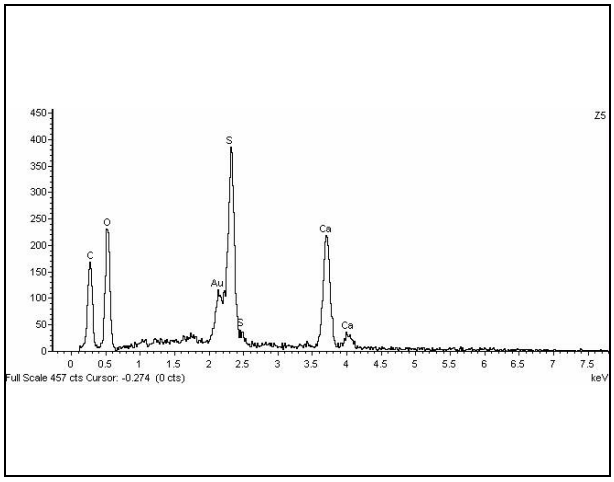
A nitratite surge como cristais tabulares subédricos parcialmente delimitados por figuras de dissolução (Figura 6.12a), cristais mais ou menos isométricos, subédricos parcialmente delimitados por figuras de dissolução (Figura 6.12c, 6.12d), cristais prismáticos subédricos parcialmente delimitados por figuras de dissolução (Figura 6.12e), cristais anédricos integralmente limitados por figuras de dissolução (Figura 6.12f) e pequenos cristais euédricos mais ou menos isométricos (Figura 6.13a).

A glauberite exibe-se sob a forma de cristais aciculares (Figuras 6.13b, 6.13c).

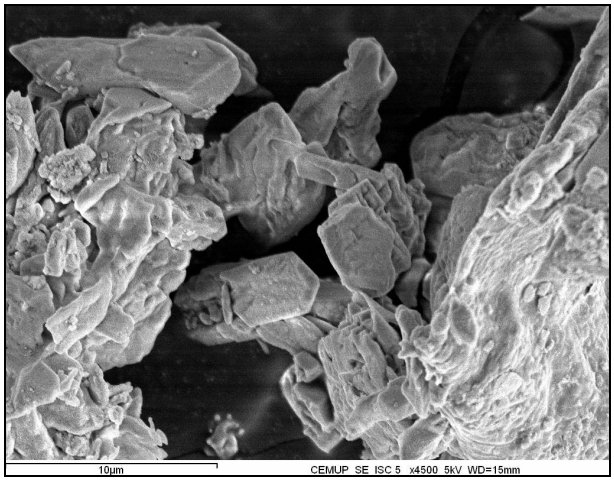
A halite é rara e cristaliza sob a forma de cubos com figuras de dissolução (Figura 6.13e).



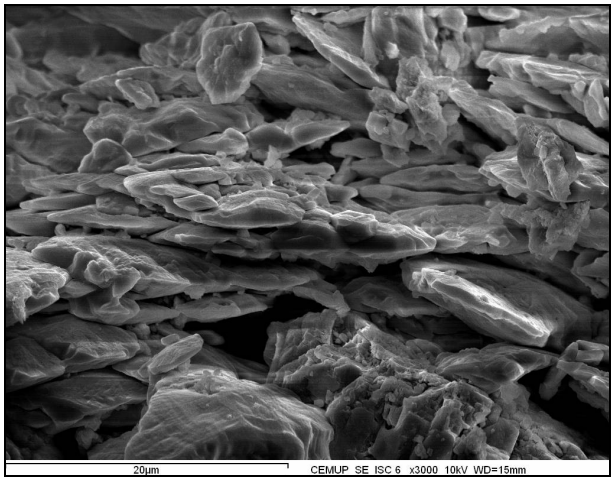
a) ISC 5 – Cristais de gesso



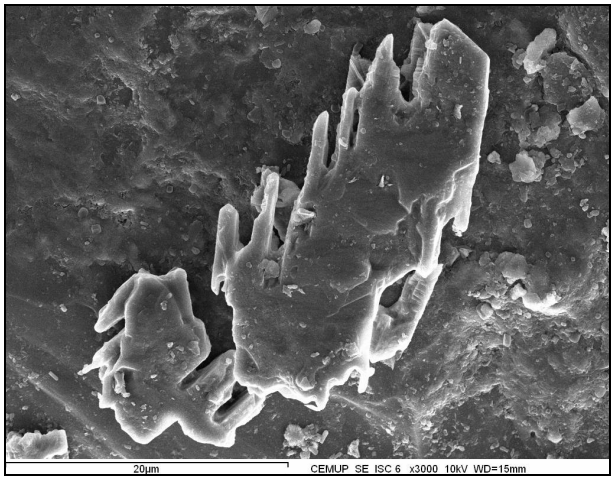
b) ISC 5 – Espectro do gesso



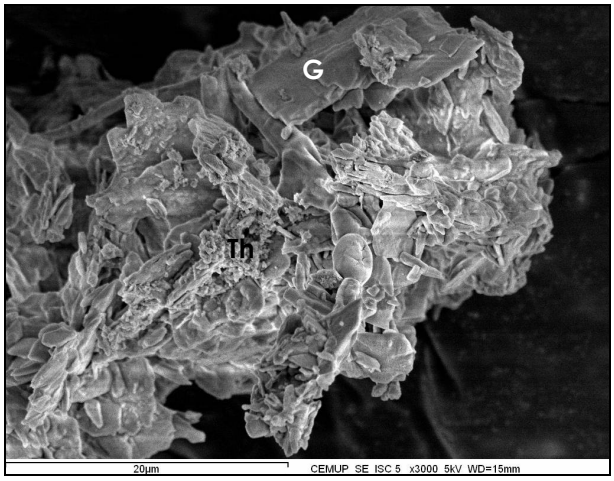
c) ISC 5 – Cristais tabulares em forma de ponta de lança e cristais anédricos de gesso



d) ISC 6 – Cristais tabulares em forma de ponta de lança de gesso

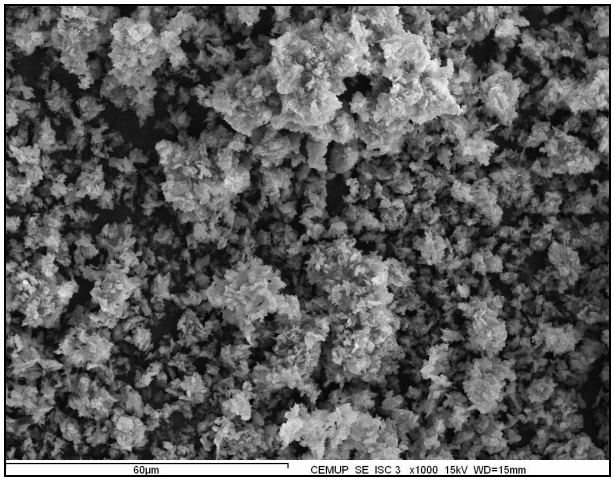


e) ISC 6 – Cristais de gesso exibindo figuras de dissolução

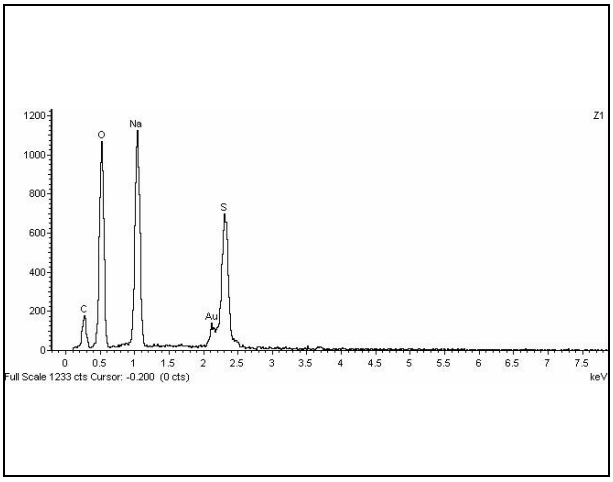


f) ISC 5 – Gesso (G) sobre thenardite (Th)

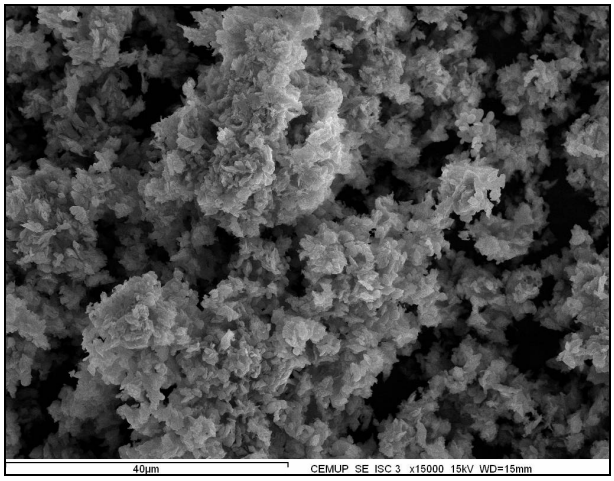
Figura 6.10 – Absidíolo Sul – Eflorescências pulverulentas e do tipo *Fluffy* – imagens e espectro do gesso e imagens da thenardite obtidos por MEV.



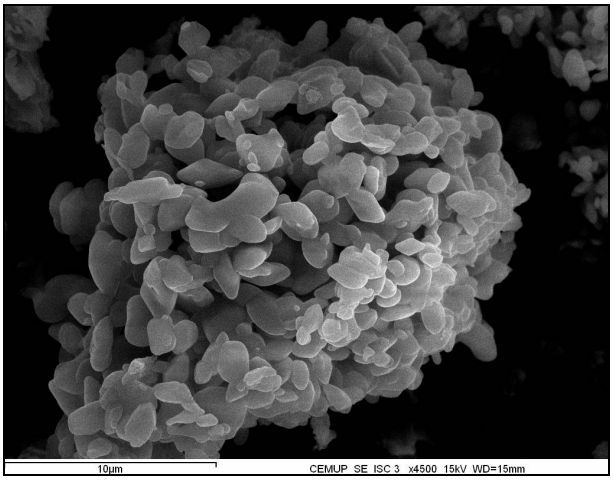
a) ISC 3 – Agregado pulverulento constituído por cristais anédricos angulares de thenardite



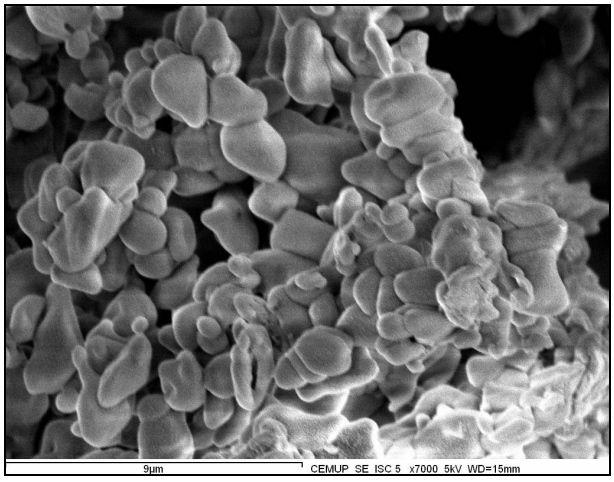
b) ISC 3 – Espectro da thenardite



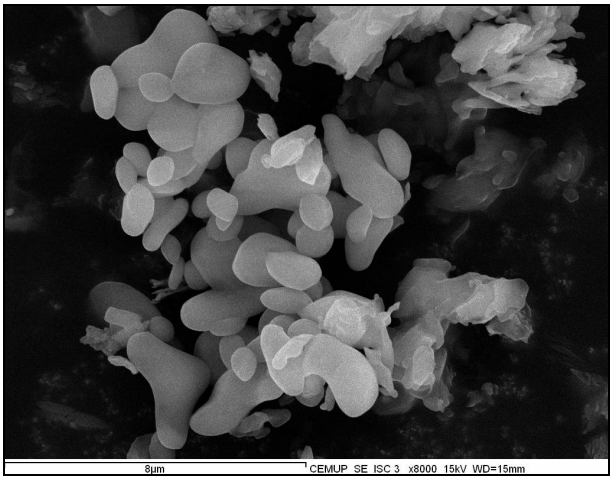
c) ISC 3 – Agregado pulverulento constituído por cristais anédricos angulares de thenardite



d) ISC 3 – Thenardite exibindo aspectos de dissolução

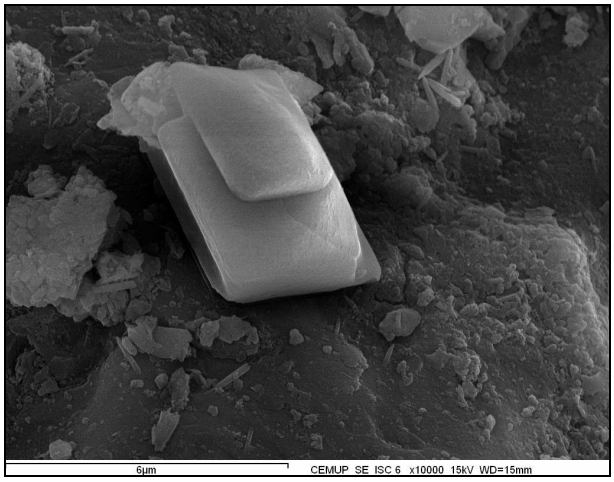


e) ISC 5 – Thenardite exibindo figuras de dissolução

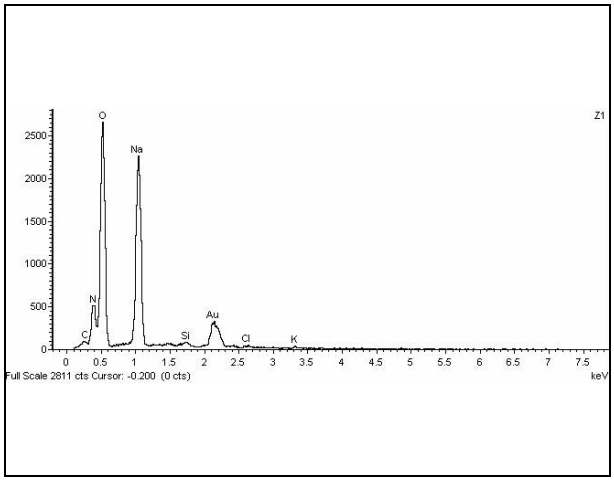


f) ISC 3 – Thenardite exibindo aspectos de dissolução

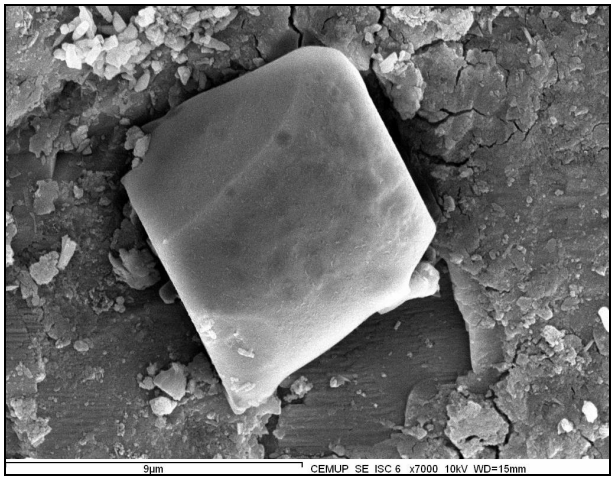
Figura 6.11 – Capela-mor/Absidíolo Sul – Eflorescências pulverulentas – imagens e espectro da thenardite obtidos por MEV.



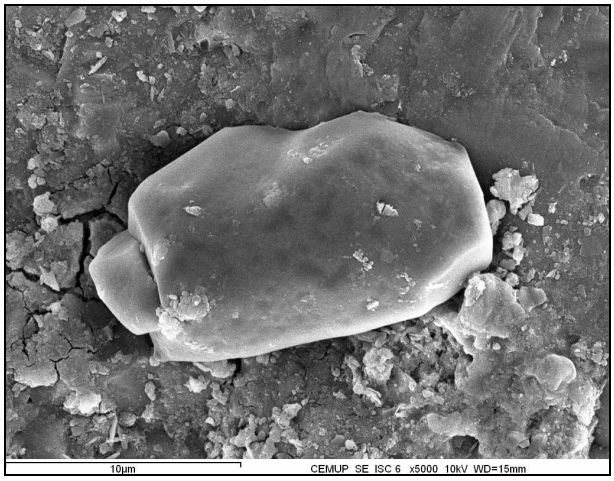
a) ISC 6 – Cristais tabulares de nitratite sobre feldspato potássico



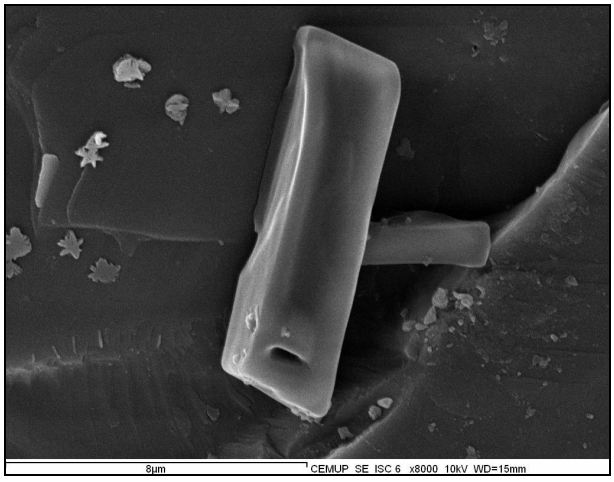
b) ISC 6 – Espectro da nitratite



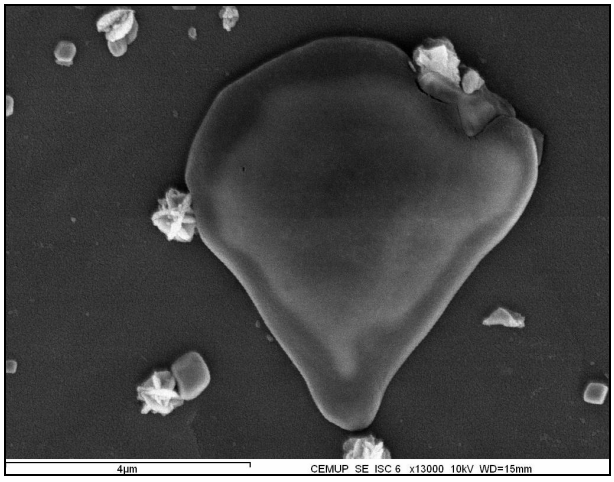
c) ISC 6 – Cristal subédrico de nitratite sobre feldspato potássico



d) ISC 6 – Cristal subédrico de nitratite sobre feldspato potássico

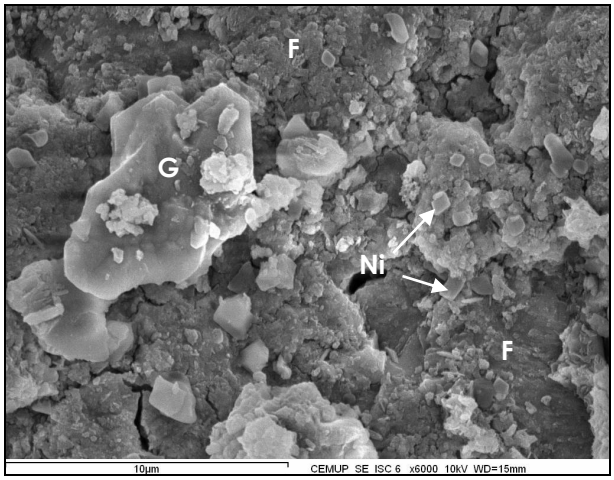


e) ISC 6 – Nitratite com figuras de dissolução sobre quartzo

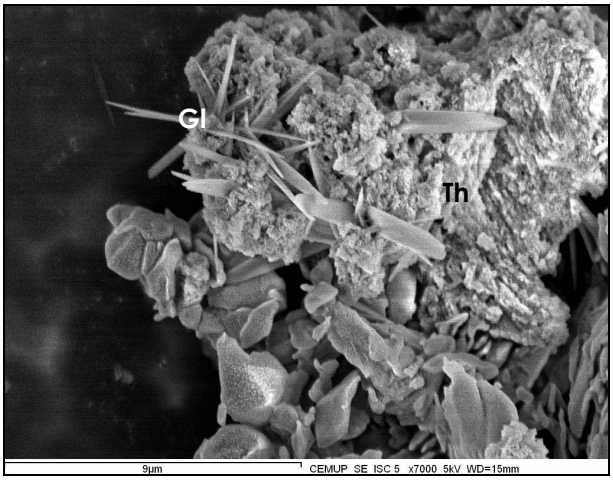


f) ISC 6 – Nitratite com figuras de dissolução sobre quartzo

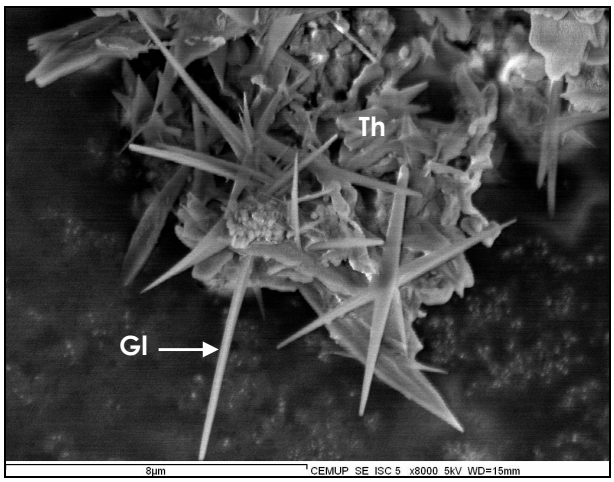
Figura 6.12 – Absidíolo Sul – Eflorescência do tipo *fluffy* – imagens e espectro da nitratite obtidos por MEV.



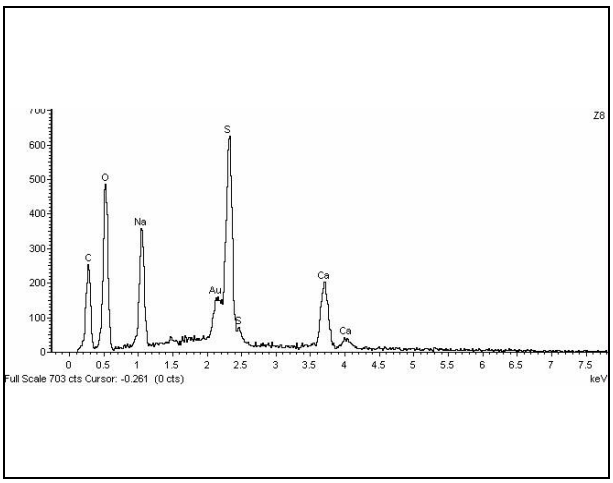
a) ISC 6 – Cristais anédricos de gesso (G) e cristais de nitratite (Ni) sobre feldspato potássico (F)



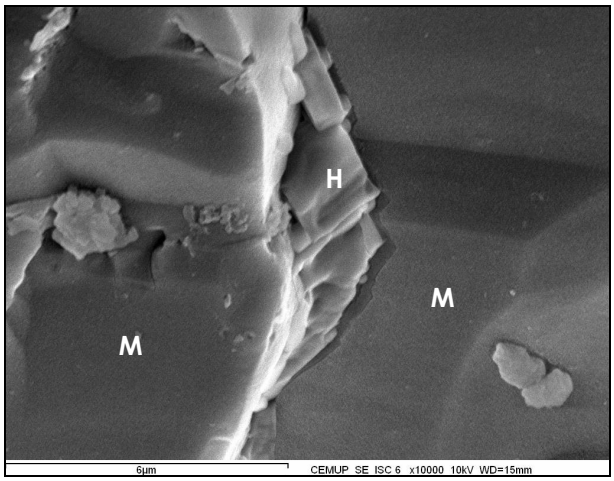
b) ISC 5 – Cristais aciculares de glauberite (Gl) sobre thenardite (Th)



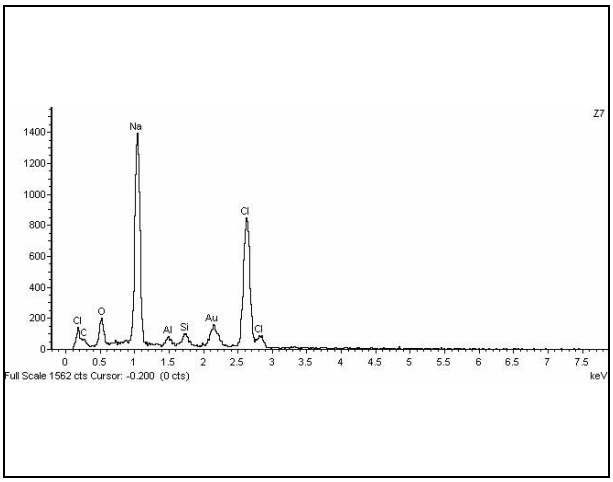
c) ISC 5 - Cristais aciculares de glauberite (Gl) sobre thenardite (Th)



d) ISC 5 – Espectro da glauberite



e) ISC 6 – Cristais halite (H) entre folhetos de moscovite (M)



f) ISC6 – Espectro da halite entre moscovite

Figura 6.13 – Absidíolo Sul – Eflorescência pulverulenta e eflorescência do tipo *fluffy* – imagens do gesso, nitratite, glauberite, thenardite e halite e espectros da glauberite e da halite obtidos por MEV.

O estudo por MEV das amostras de eflorescências ISC4, ISC7 e ISC11 apenas permitiu constatar que as mesmas eram constituídas por carbonatos de sódio, não possibilitando assim a identificação dos minerais de sais solúveis. Recorreu-se, consequentemente, à DRX rocha total das referidas amostras, permitindo a identificação da thermonatrite e da trona. A Figura 6.14 apresenta o difractograma da eflorescência ISC11.

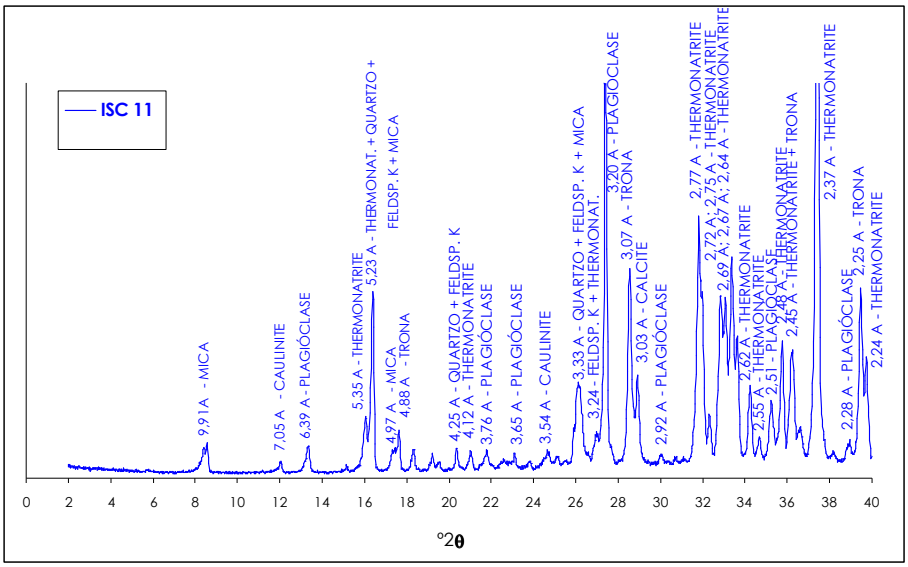


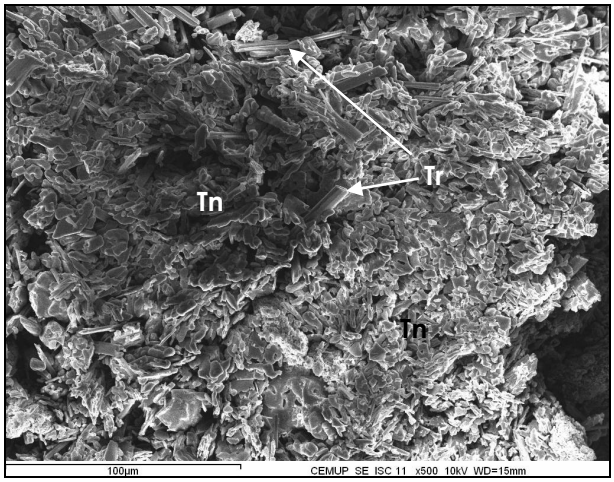
Figura 6.14 – Difractograma da eflorescência pulverulenta ISC11.

Nas eflorescências constituídas por carbonatos, a thermonatrite é francamente dominante relativamente à trona (Figura 6.15, 6.16a, 6.16b, 6.16c, 6.16d).

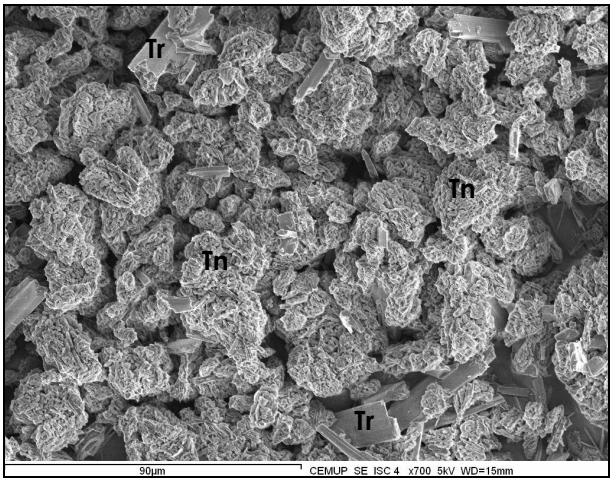
A thermonatrite aparece como agregados pulverulentos de cristais anédricos de pequenas dimensões (Figuras 6.15a, 6.15b, 6.15c, 6.15d, 6.15e, 6.16a, 6.16b, 6.16c, 6.16d, 6.16e, 6.17e), agregados de cristais tabulares subédricos de bordos arredondados devido a dissolução parcial (Figuras 6.15f, 6.16b, 6.16c, 6.17b, 6.18c), cristais tabulares subédricos de maiores dimensões em forma de ponta de lança (Figura 6.17a).

A trona aparece sob a forma de cristais prismáticos euédricos ou subédricos de maiores dimensões que os de thermonatrite (Figuras 6.15a, 6.15b, 6.15c, 6.15f, 6.16a, 6.16b, 6.16f, 6.18a, 6.18b) e de cristais aciculares euédricos ou subédricos de maiores dimensões que os de thermonatrite (Figuras 6.15a, 6.15c, 6.15d, 6.15e, 6.16c, 6.17c, 6.17e, 6.17f, 6.18a, 6.18b).

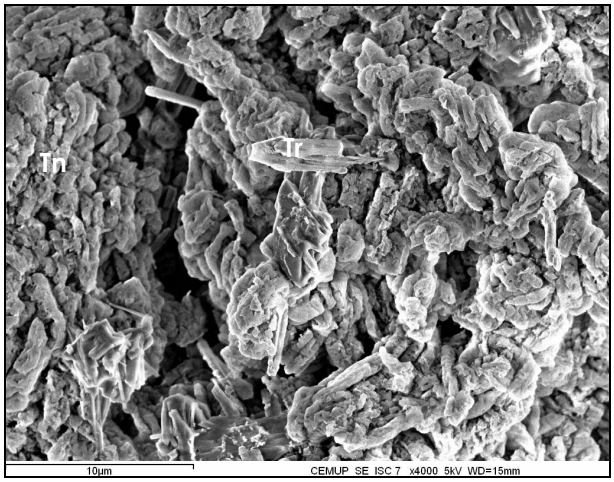
Observou-se ainda uma cinza volante porosa de natureza carbonosa na amostra ISC 04 (Figura 6.18c).



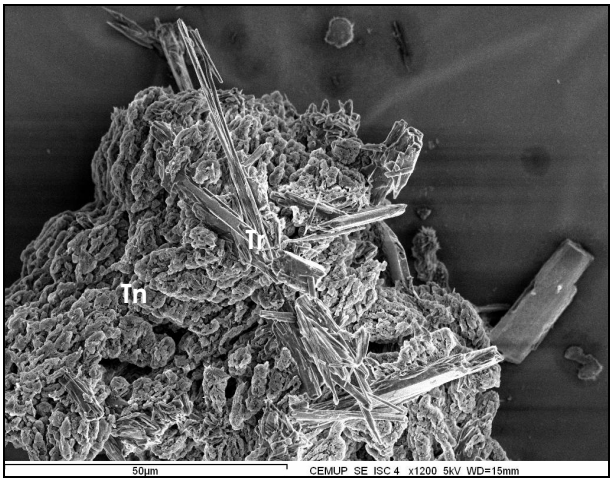
a) ISC 11 – Aspecto geral da eflorescência em que domina a thermonatrite relativamente à trona



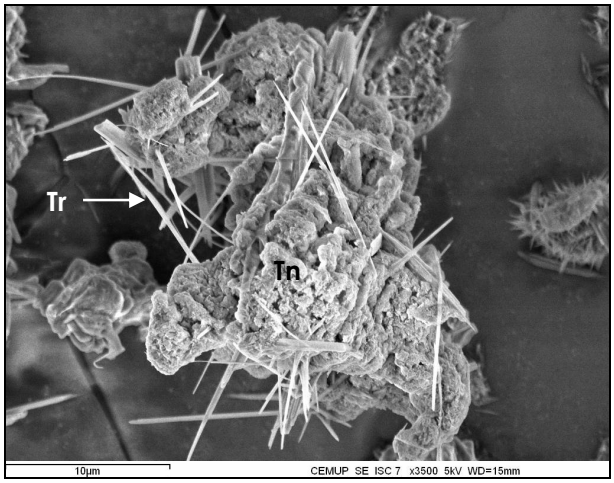
b) ISC 04 – Aspecto geral da eflorescência em que domina a thermonatrite relativamente à trona



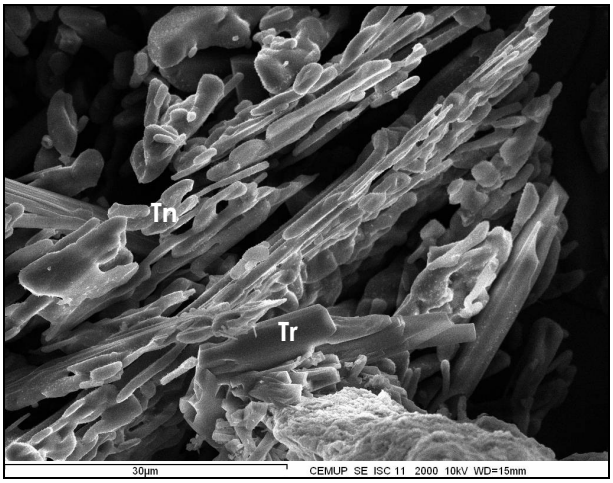
c) ISC 07 – Aspecto geral da eflorescência em que domina a thermonatrite relativamente à trona



d) ISC 04 – Cristais prismáticos e aciculares de trona (Tr) entre cristais anédricos de thermonatrite (Tn)

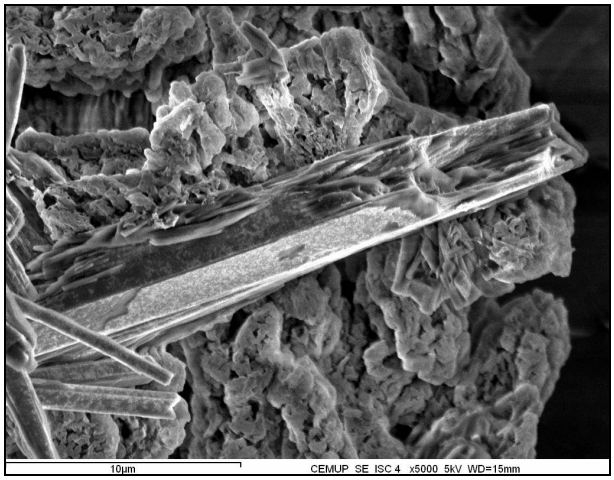


e) ISC 07 – Cristais aciculares de trona (Tr) entre cristais anédricos de thermonatrite (Tn)

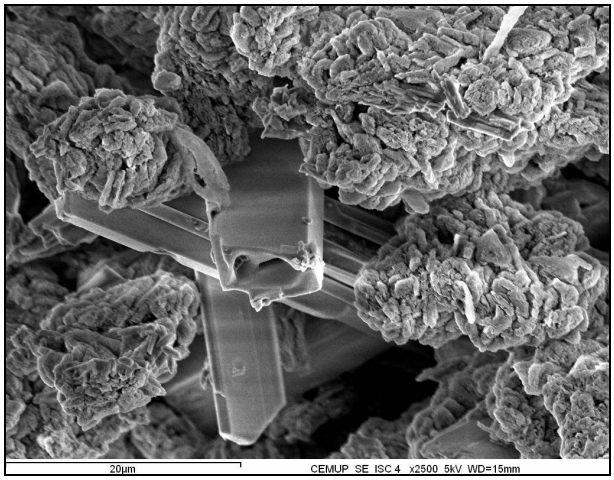


f) ISC 11 – Cristais anédricos de thermonatrite (Tn) exibindo figuras de dissolução e cristais prismáticos de trona (Tr)

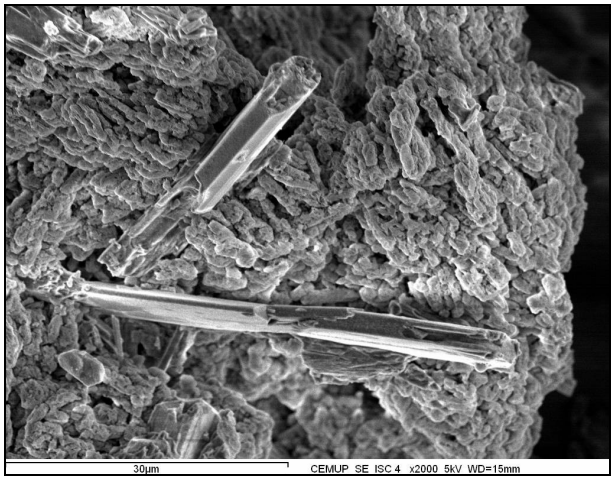
Figura 6.15 – Absidíolo Sul/Capela-mor – Eflorescência pulverulenta e eflorescência do tipo *fluffy* – imagens da thermonatrite e da trona obtidas por MEV.



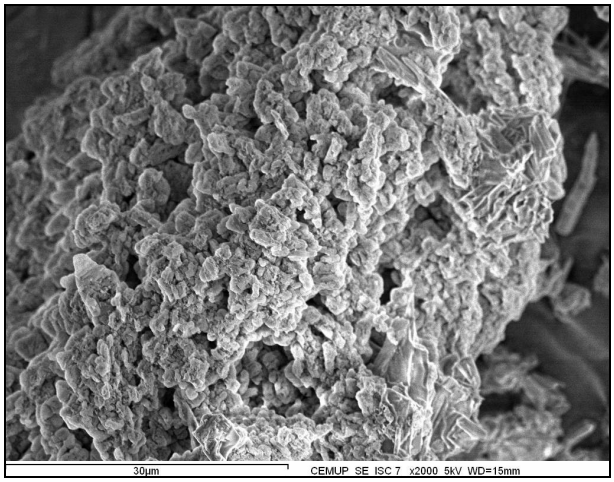
a) ISC 04 – Cristais aciculares de trona sobre thermonatrite



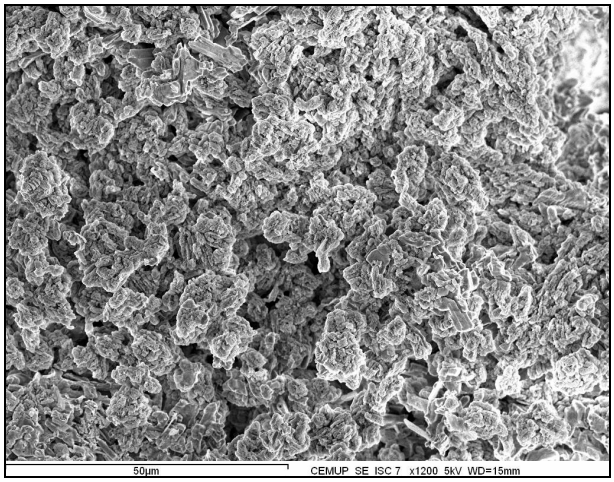
b) ISC 04 – Trona exibindo figuras de dissolução sobre thermonatrite



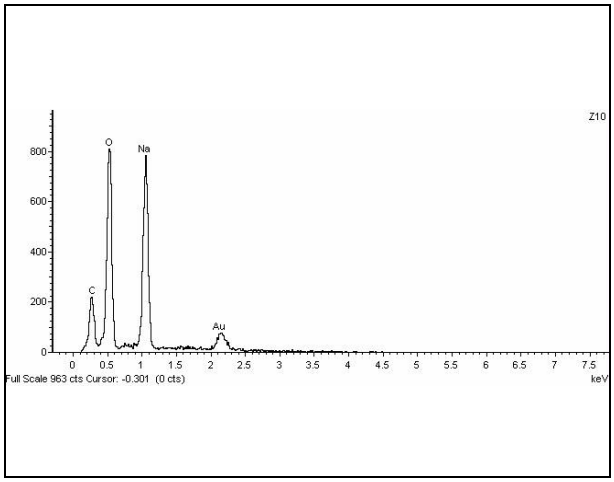
c) ISC 04 – Thermonatrite e cristais aciculares de trona



d) ISC 07 – Thermonatrite

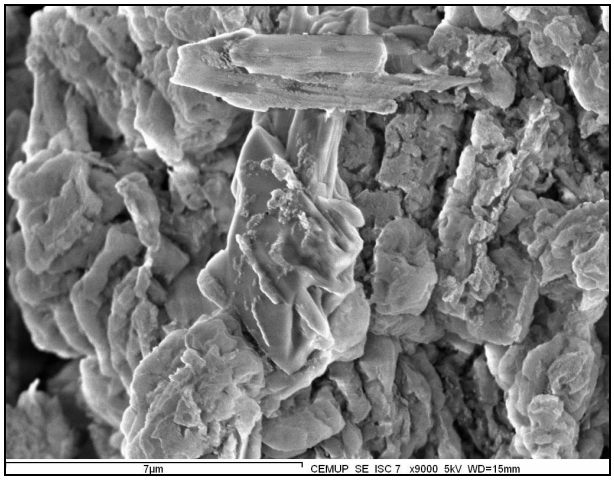


e) ISC 07 – Thermonatrite

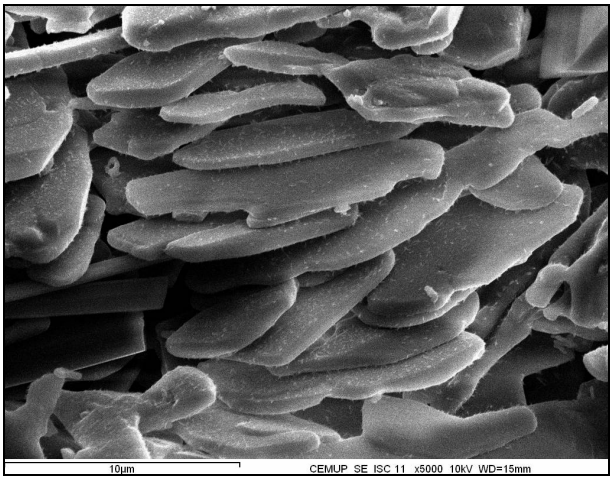


f) ISC 07 – Espectro da thermonatrite

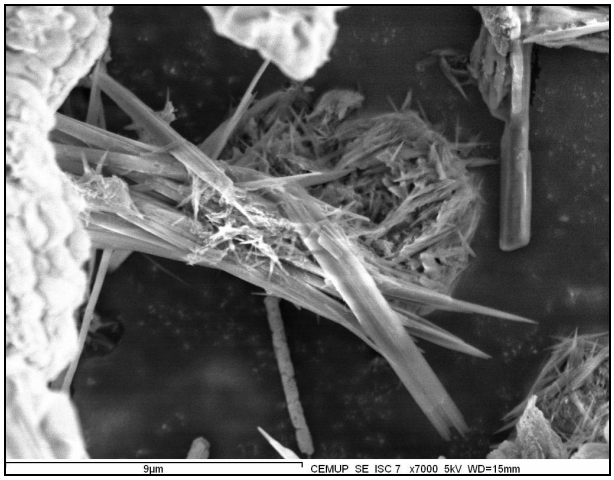
Figura 6.16 – Absidíolo Sul – Eflorescência do tipo *fluffy* – imagens da trona e thermonatrite e espectro da thermonatrite obtidos por MEV.



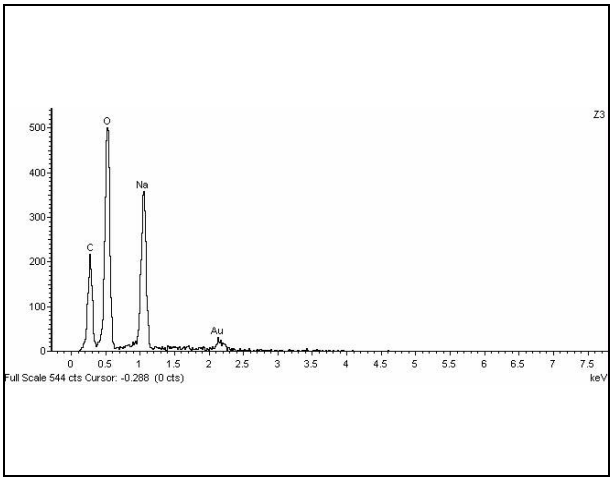
a) ISC 07 – Cristais de thermonatrite de grandes dimensões



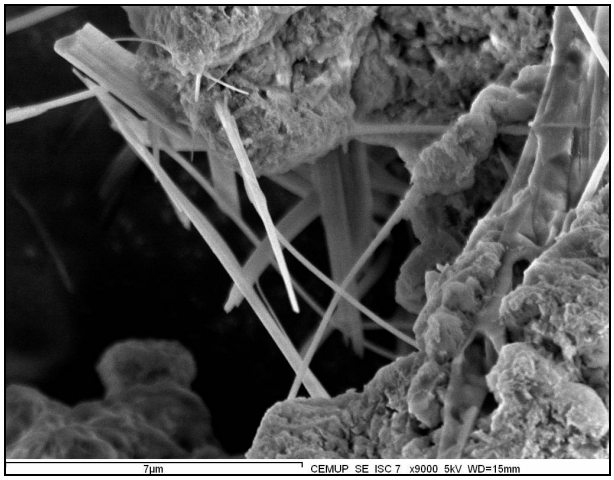
b) ISC 11 – Cristais tabulares de thermonatrite



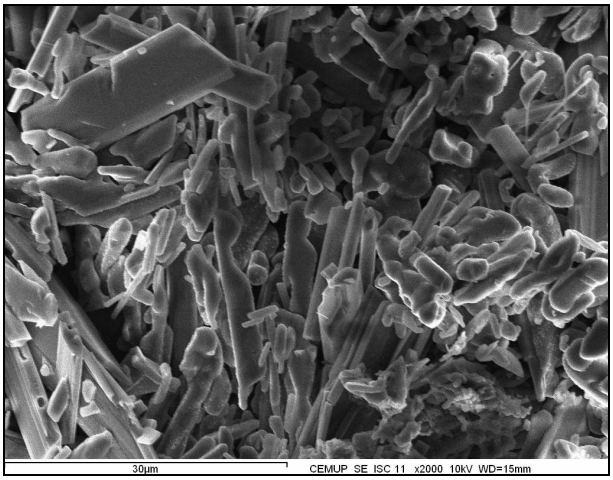
c) ISC 07 – Cristais aciculares de trona



d) ISC 07 – Espectro da trona

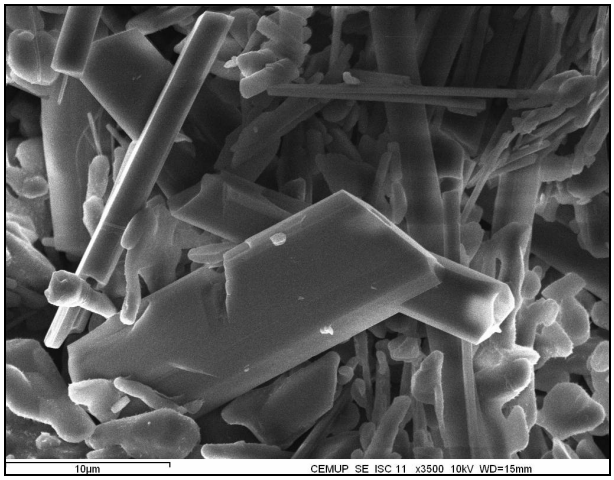


e) ISC 07 – Cristais aciculares de trona e agregado pulverulento de cristais de thermonatrite

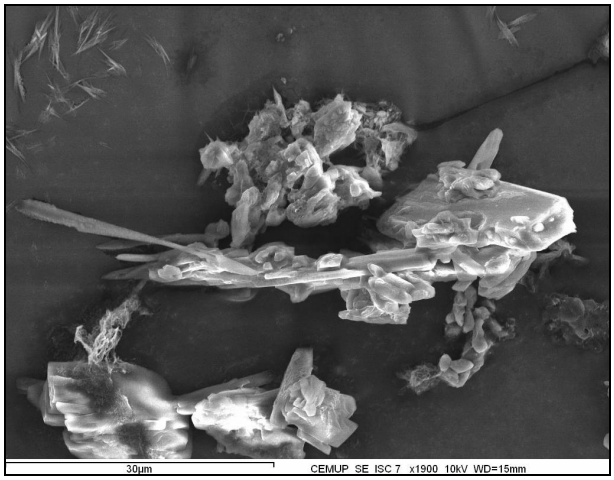


f) ISC 11 – Cristais prismáticos e aciculares de trona

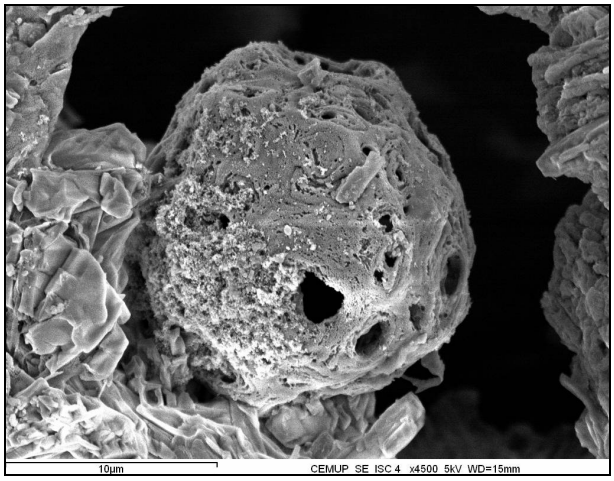
Figura 6.17 – Absidíolo Sul/Capela-mor – Eflorescência pulverulenta e eflorescência do tipo *fluffy* – imagens da thermonatrite e da trona e espectro da trona obtidos por MEV.



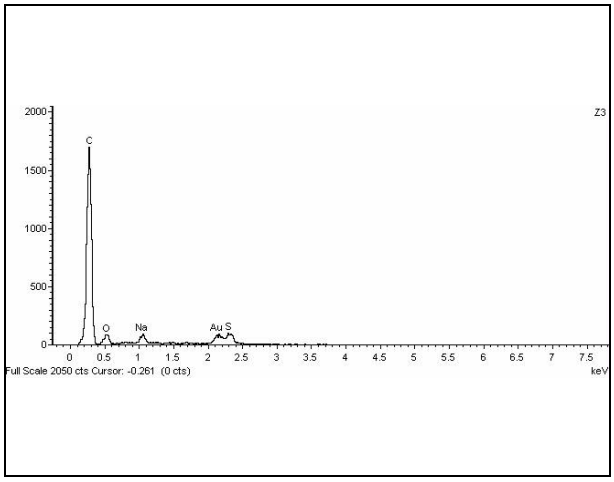
a) ISC 11 – Cristais prismáticos e aciculares de trona e cristais de thermonatrite



b) ISC 07 – Cristais aciculares e prismáticos de trona



c) ISC 04 – Cinza volante porosa sobre cristais de thermonatrite



d) ISC 04 – Espectro da cinza volante porosa de natureza carbonosa

Figura 6.18 – Absidíolo Sul/Capela-mor – Eflorescência pulverulenta e eflorescência do tipo *fluffy* – imagens da thermonatrite e trona e imagem e espectro de cinza volante porosa obtidos por MEV.

6.2.3 – PLAQUETAS

Na amostra ISC 24, o gesso é o mineral de sal solúvel dominante. Identificou-se ainda a halite (Quadro 6.8).

Quadro 6.8 – Parede divisória do coro e da igreja – Plaquetas – Minerais de sais solúveis identificados por MEV.

DETERIORAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	AMOSTRAS	MINERAIS DE SAIS SOLÚVEIS
PLAQUETAS	Parede divisória do coro e da igreja	ISC 24	Gesso + halite + calcite

O gesso cristaliza sob a forma de cristais tabulares subédricos (Figuras 6.19a, 6.19c), cristais lamelares subédricos (Figuras 6.19a, 6.19c), cristais subédricos mais ou menos isométricos (Figuras 6.19a,

6.19c, 6.19d), cristais anédricos com figuras de dissolução (Figuras 6.19a, 6.19c, 6.19e) e cristais subédricos em forma de ponta de lança (Figura 6.19c).

A halite exibe-se como cristais prismáticos subédricos exibindo figuras de dissolução (Figura 6.20a) e cristais anédricos integralmente delimitados por figuras de dissolução (Figuras 6.20a, 6.20c, 6.20d).

A calcite mostra-se sob a forma de pequenos cristais anédricos que revestem alguns grãos dos minerais constituintes do granito (Figura 6.20e).

A colonização biológica não é muito significativa e traduz-se por algum desenvolvimento de algas (Figuras 6.20c, 6.20e, 6.20f).

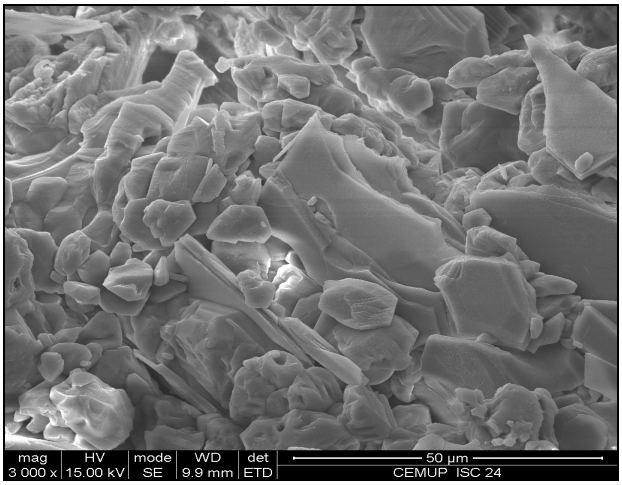
6.3 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

A cristalização dos minerais de sais solúveis na rede porosa das rochas graníticas utilizadas na Igreja de Santa Clara em Vila do Conde está na origem da maior parte das deteriorações da pedra. A acção destes minerais é tanto mais destrutiva quanto maiores as suas solubilidade e higroscopicidade, quanto maiores as forças de cristalização que desenvolvem no seu processo de crescimento, bem como quanto maior o número de ocorrências de ciclos de cristalização/dissolução ou cristalização/deliquescência (Hammecker, 1993, Begonha, 1997, 2001).

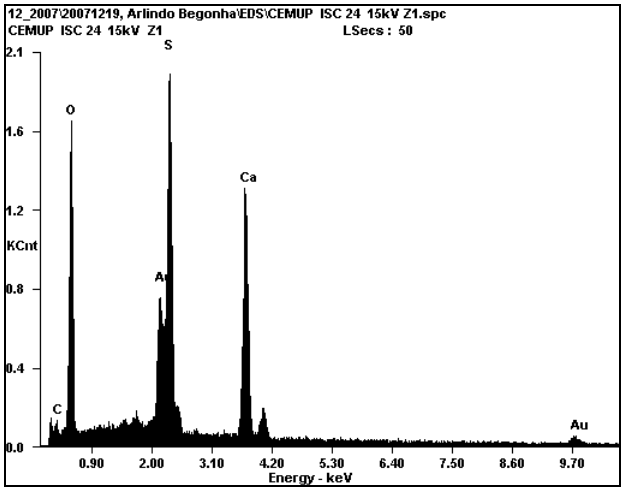
Arnold (1984) refere a ocorrência de sais solúveis nos materiais de construção porosos dos edifícios, sob a forma de soluções aquosas ou de cristais nos poros ou nas superfícies, estando fortemente ligados à migração da água nas paredes. Aparecem concentrados nos locais onde a água se move numa direcção e se evapora, caso das zonas mais altas da humidade ascensional, lateralmente a zonas onde a água corre ao longo da superfície e zonas onde a água atinge a superfície e se evapora. Em qualquer destas zonas, os sais precipitam, quando a solução se torna saturada relativamente a um sal particular.

Steiger e Zeunert (1996) mostraram que os sistemas salinos que se aproximam dos que ocorrem em casos reais (constituídos por misturas de sais solúveis) diferem muito em termos das suas características físicas e químicas dos sistemas constituídos por um único sal solúvel. O conceito de humidades de saturação de um sal individual não se aplica às misturas de sais. As humidades relativas de deliquescência dos sais num sistema salino são inferiores às obtidas de soluções com um único sal.

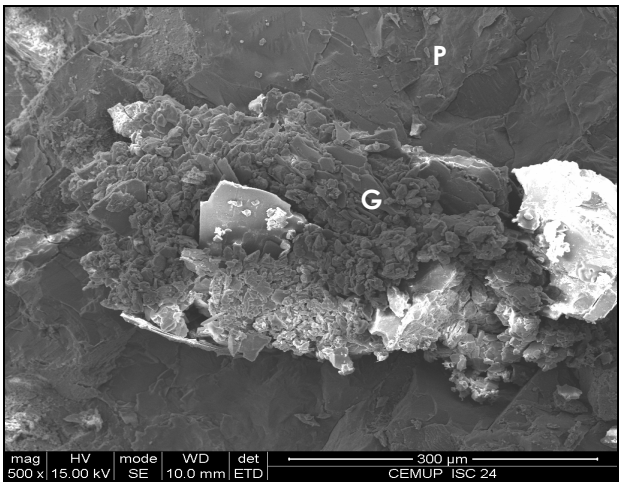
Arnold e Kueng (1985) e Arnold e Zehnder (1985, 1987) mostraram que a maior parte dos hábitos cristalinos dos minerais de sais solúveis não são estáveis, transformando-se durante o processo de envelhecimento. Assim, devido às condições de cristalização no interior da rede porosa do granito, os minerais de sais solúveis aparecem não só sob a forma de cristais euédricos e isomórficos, mas também sob a forma de pêlos ou de cristais de hábitos prismático, acicular e tabular, formas e hábitos que se afastam dos atribuídos a esses minerais pela cristalografia clássica, exibindo ainda frequentemente figuras de dissolução.



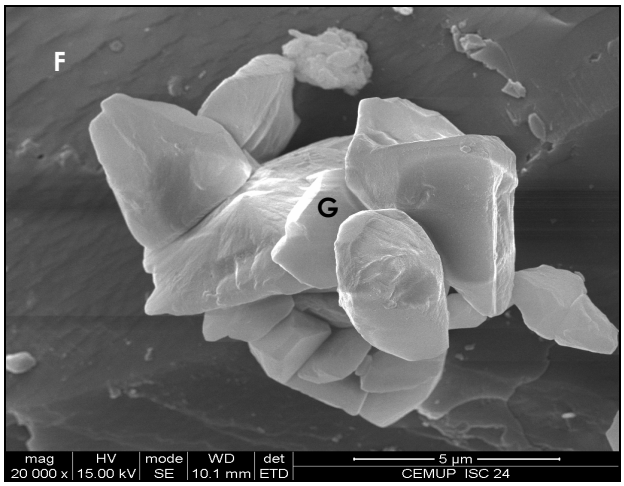
a)ISC 24 – Agregado de cristais tabulares subédricos de gesso



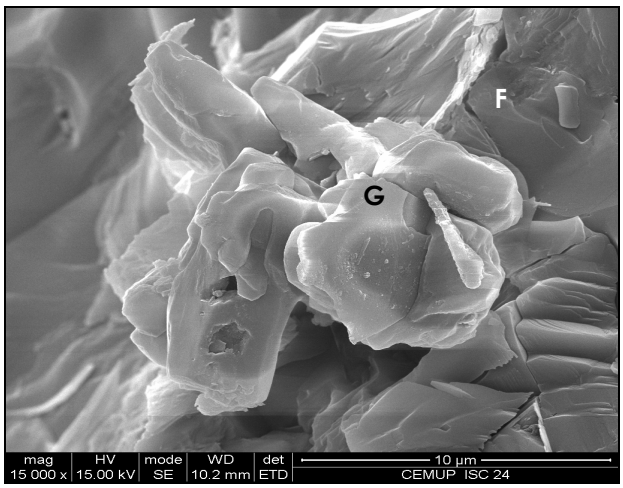
b) ISC 24 – Espectro do gesso



c) ISC 24 – Agregado de cristais de gesso (G) sobre plagióclase sódica (P)

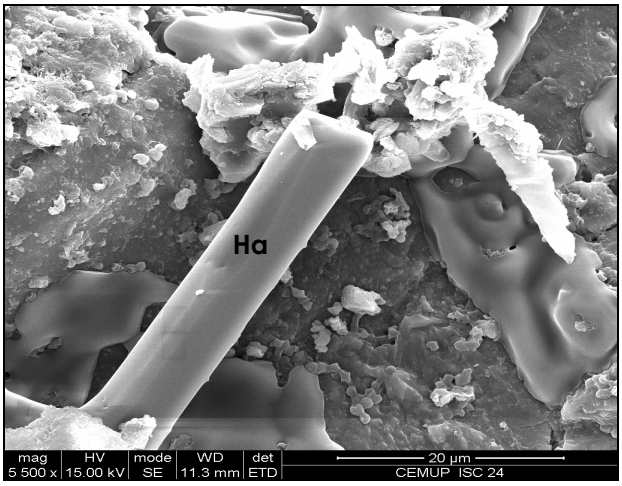


d) ISC 24 – Cristais anédricos de gesso (G) sobre feldspato potássico (F)

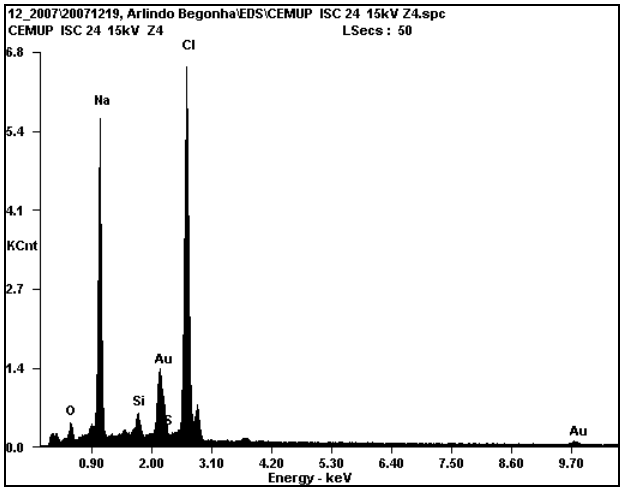


e) ISC 24 – Cristais anédricos de gesso (G) exibindo figuras de dissolução sobre feldspato potássico (F)

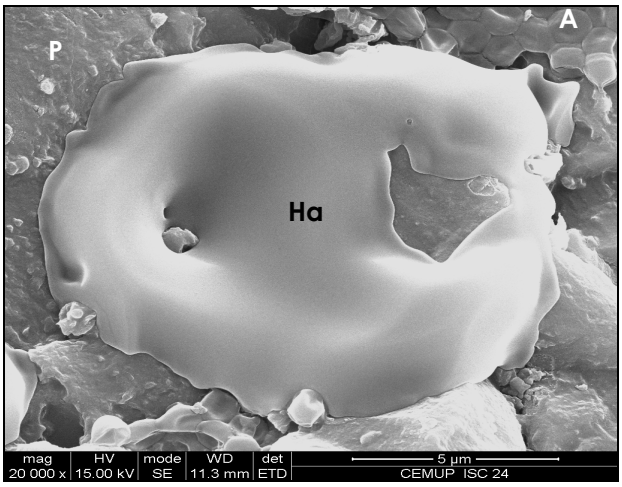
Figura 6.19 – Parede divisória do coro e da igreja – Plaquetas – imagens e espectro do gesso obtidos por MEV.



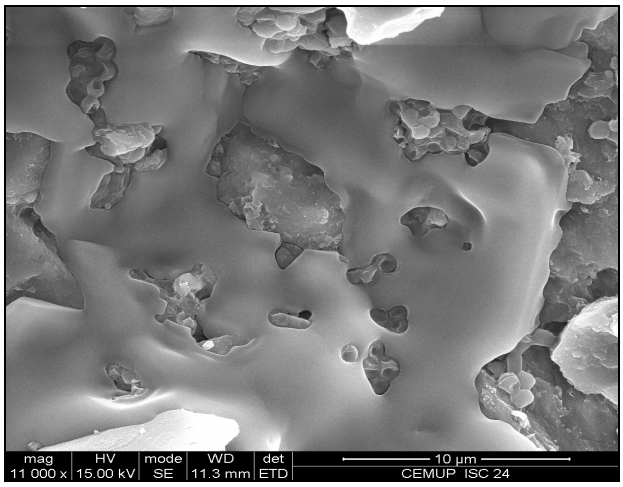
a)ISC 24 – Cristal prismático de halite (Ha) e cristais de halite com figuras de dissolução



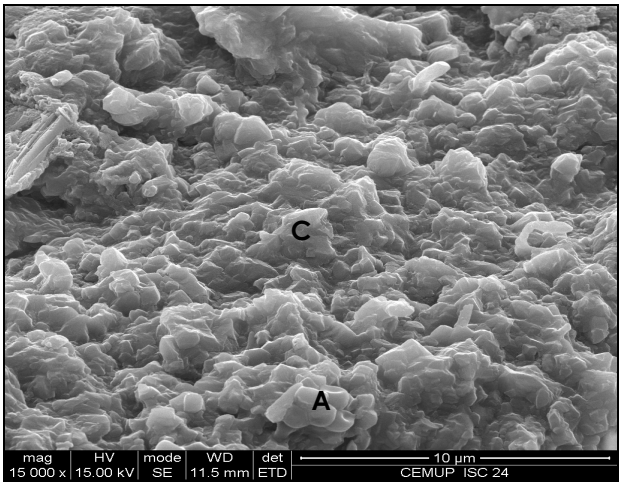
b) ISC 24 –. Espectro da halite



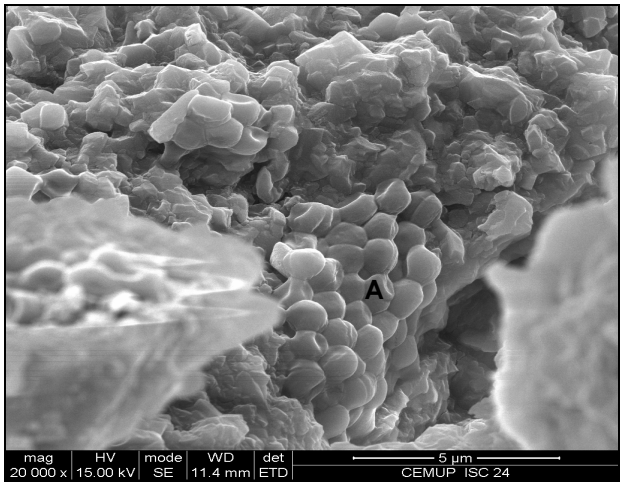
c) ISC 24 – Halite (Ha) com figuras de dissolução e colonização biológica de algas (A) sobre plagióclase (P)



d) ISC 24 – Cristais de halite com figuras de dissolução



e) ISC 24 – Cristais de calcite (C) e alguma colonização biológica de algas (A)



f) ISC 24 – Colonização biológica de Algas (A)

Figura 6.20 – Parede divisória do coro e da igreja – Plaquetas – imagens e espectro da halite e imagens da calcite e alguma colonização biológica obtidas por MEV.

Para além disso, não se verifica um zonamento vertical segundo as solubilidades dos minerais de sais solúveis, preconizado por diversos autores (Arnold e Zehnder, 1987). De facto, na parede Norte do Absidíolo Sul, em zonas sujeitas a ascensão capilar de soluções salinas a partir do solo, constata-se a associação de dois minerais mais solúveis como a halite (cloreto) e a nitratite (nitrato) com um mineral menos solúvel como o gesso (sulfato) desde os 0,96 metros até aos 1,48 metros de altura acima do pavimento (Figura 6.13a). Para além disso, a thermonatrite e a trona cristalizam desde os 0,50 metros aos 1,65 metros.

Do mesmo modo, na amostra ISC 14 recolhida na Capela-mor, verifica-se a presença de gesso associado a dois minerais muito mais solúveis (halite e nitratite) a uma cota relativamente elevada (1,70 metros a 1,95 metros).

A associação do gesso e da calcite (pouco solúveis) com a halite (muito solúvel) na amostra ISC 24 da parede divisória do coro e da igreja (1,30 metros a 1,70 metros) parece confirmar uma vez mais a ausência de zonamento em altura dos minerais de sais solúveis.

Também no Portal Norte se verifica a presença do gesso associado à halite (Figuras 6.3d, 6.3e) a cotas muito elevadas na amostra ISC 18 (4,06 metros a 4,19 metros) e apenas a presença da halite a cota inferior na amostra ISC 19 (3,45 metros a 3,67 metros).

A ausência de um zonamento sequencial dos minerais de sais solúveis confirma observações anteriores em alguns monumentos graníticos da região Norte de Portugal, nomeadamente no Hospital de Santo António (Begonha, 1997, 2001), na Igreja de São João de Tarouca (Begonha, 2002a), na Igreja de Nossa Senhora da Ajuda, Matriz de Espinho (Begonha 2003a), na Igreja de São João Baptista, Matriz de Vila do Conde (Begonha, 2003d), na Igreja de Nossa Senhora da Assunção, Matriz de Caminha (Begonha 2004b), na Igreja de Nossa Senhora da Lapa, no Porto (Begonha, 2005) e no exterior do Palácio da Bolsa, no Porto (Begonha, 2006).

No Portal Norte, a presença de gesso está associada a níveis minimamente significativos de poluição do ar, como o comprovam as crostas negras ai existentes. A halite encontrada no mesmo portal tem origem na proximidade do Oceano Atlântico.

No interior da igreja, a formação da thermonatrite e da trona nas eflorescências situadas sobre as argamassas de cimento ou sobre as zonas adjacentes das pedras de granito nas paredes da Capela-mor e do Absidíolo Sul resultam da mobilização do ião sódio com o ião carbonato, provenientes das argamassas e, eventualmente, das soluções salinas que ascenderam por capilaridade a partir do solo. A formação de thenardite e de glauberite deverão resultar da reacção entre o ião sulfato, presente nas soluções salinas que ascendem por capilaridade e o ião sódio e o ião cálcio mobilizados a partir das argamassas de cimento. A rara calcite poderá advir da argamassa de cimento.

CONCLUSÕES

As deteriorações da pedra na Igreja de Santa Clara em Vila do Conde resultam principalmente da cristalização de minerais de sais solúveis na rede porosa dos granitos e aplitos com meteorização herdada da pedreira. O processo de meteorização conduziu à formação de uma rede porosa muito bem interligada em cada uma dos tipos de rocha que possibilita a ascensão rápida e eficaz de soluções salinas por capilaridade a partir do solo e a transferência por capilaridade das águas das chuvas a partir do próprio material pétreo e por juntas abertas, fendas e infiltrações pelas coberturas.

No entanto, o meio poroso do aplito moscovítico meteorizado é muito diferente do meio poroso do granito de duas micas meteorizado. A rede porosa do aplito é unimodal e a do granito de duas micas de grão médio a grosso é bimodal, mas o diâmetro da família de fissuras do aplito é igual ao do da família principal de fissuras do granito de duas micas. O processo de deterioração transformou a rede porosa unimodal do aplito meteorizado numa rede bimodal, aumentando significativamente o diâmetro da principal família de fissuras do aplito com desagregação granular e originando uma segunda família de fissuras. O processo de meteorização do granito de duas micas de grão médio a grosso não interferiu nem na importância relativa das duas famílias de fissuras, nem nas suas dimensões, conduzindo apenas a um maior número de fissuras.

Em pedras com porosidade livre idêntica, a transferência por capilaridade é rápida e semelhante quer no aplito moscovítico quer no granito de duas micas, de grão médio a grosso com tendência porfiróide, mas a cinética da evaporação difere significativamente no aplito e no granito. No aplito, o elevado valor do coeficiente de capilaridade B, o maior fluxo de evaporação, o maior valor da saturação crítica, assim como o menor intervalo de tempo com que a mesma é atingida convergem no mesmo sentido, isto é, as soluções salinas tendem a provocar mais danos no aplito do que no granito de duas micas de grão médio a grosseiro, uma vez que a transferência capilar das soluções salinas é mais rápida, a cinética de evaporação das mesmas no interior da rede porosa do aplito é mais intensa e célere, conduzindo a ciclos de cristalização e dissolução dos minerais de sais solúveis mais rápidos e consequentemente a um maior grau de deterioração da pedra.

Os resultados obtidos nos ensaios de porometria com o porosímetro de mercúrio, de absorção de água por capilaridade e de evaporação nos provetes da Igreja de Santa Clara podem explicar o maior grau de deterioração patente nas pedras de aplito ou de microgranito utilizadas sobretudo em portais e pedras trabalhadas em muitos monumentos do Norte de Portugal comparativamente com o que se verifica em pedras de granitos mais grosseiros principalmente utilizadas em paramentos.

Não se verifica um zonamento vertical segundo as solubilidades dos minerais de sais solúveis nas zonas afectadas por ascensão capilar a partir do solo, uma vez que se constata a associação de minerais mais solúveis como cloretos e nitratos com minerais menos solúveis como sulfatos e carbonatos a diferentes alturas.

As zonas mais deterioradas da fachada Norte encontram-se no arco do Portal Norte onde a forte perda de material pétreo resulta da molhagem sem significativa lixiviação das pedras a partir da percolação das águas pluviais, ricas em sulfatos e cloretos, através de juntas abertas na cornija acima do portal. A presença do gesso está associada a níveis minimamente significativos de poluição do ar, como o comprovam as crostas negras aí existentes. A halite tem origem na proximidade do Oceano Atlântico.

No interior do monumento, as eflorescências situam-se sobre as argamassas de cimento ou sobre as zonas adjacentes das pedras de granito. As constituídas por thermonatrite e trona têm origem na reacção entre o ião sódio com o ião carbonato das argamassas aplicadas nas juntas e as soluções salinas que ascendem por capilaridade ou as águas de infiltrações a partir das coberturas, em ambiente de elevada humidade relativa do ar. As formadas por gesso, thenardite e glauberite deverão resultar da reacção entre os iões sulfato e cálcio, presentes nas soluções salinas que ascendem por capilaridade, e os iões sódio e/ou cálcio mobilizados a partir das argamassas de cimento.

PROPOSTA DE TRATAMENTO DA PEDRA

Devido à escassez de tempo, não foi possível fundamentar as soluções de limpeza e de tratamento com base em ensaios de diversos produtos de tratamento, recorrendo-se apenas à bibliografia.

A metodologia da limpeza e tratamento da pedra a propor neste trabalho compreende as seguintes fases:

- reparação e/ou substituição parcial ou integral das coberturas;
- drenagem superficial, impermeabilização das fundações e ventilação dos pavimentos;
- limpeza da pedra;
- limpeza e preenchimento das juntas;
- eliminação da colonização biológica;
- remoção das crostas negras;
- consolidação das áreas mais intensamente afectadas por desagregação granular;
- hidrofugação das superfícies tratadas;
- colocação de dispositivos de afastamento das aves.

Os trabalhos de intervenção deverão ser efectuados por empresas e por técnicos superiores de restauro com experiência preferencialmente na limpeza e tratamento de edifícios construídos com rochas graníticas, dadas as características próprias deste tipo de rochas.

REPARAÇÃO E/OU SUBSTITUIÇÃO PARCIAL OU INTEGRAL DAS COBERTURAS

É indispensável proceder à averiguação do estado de conservação das coberturas para se estabelecer um plano de reabilitação das mesmas, de modo a evitar as situações actuais em que se verificam infiltrações das águas das chuvas e prevenir novas ocorrências a curto e médio prazo.

DRENAGEM SUPERFICIAL, IMPERMEABILIZAÇÃO DAS FUNDAÇÕES E VENTILAÇÃO DOS PAVIMENTOS

Nas zonas mais baixas do monumento, sujeitas à ascensão de soluções salinas a partir do solo, a metodologia proposta só conduzirá a uma diminuição ou eliminação do processo de decaimento da pedra, se forem implementadas medidas que permitam uma drenagem eficaz das águas superficiais e evitem a ascensão capilar da água, se possível a impermeabilização das fundações com recurso a caldas de injecção e/ou resinas epoxy e também ao arejamento das fundações.

LIMPEZA DA PEDRA

As pedras que exibem maior quantidade de poeiras deverão ser limpas com escova macia, de modo a retirar a sujidade sem danificar o substrato pétreo. A escovagem deverá ser de preferência a seco, mas se tal não for eficaz, dever-se-á utilizar o processo de limpeza com água nebulizada com escovagem com escova macia.

LIMPEZA E PREENCHIMENTO DAS JUNTAS

Dever-se-á proceder à remoção das argamassas de cimento usadas no preenchimento de muitas juntas e empregues como material de reconstituição dado o seu efeito nefasto. Estas argamassas, bem como as de cal que se encontrem deterioradas, deverão ser retiradas por meios mecânicos sem danificar as pedras e, seguidamente, limpas com ar comprimido.

Após a limpeza, as juntas deverão ser preenchidas com uma argamassa de cal e com areias siliciosas de granulometria adequada.

A aplicação das argamassas nas cornijas deverá ser extremamente cuidada, de modo a impedir a percolação das águas pluviais através das juntas.

ELIMINAÇÃO DA COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

O arranque dos exemplares de plantas superiores mais fortemente enraizados nas juntas ou fendas pode danificar as pedras adjacentes. As plantas superiores deverão ser tratadas com aplicação de um biocida sistémico (herbicida) para eliminar as espécies presentes que, só posteriormente, deverão ser removidas. Esta operação deverá ser realizada antes da limpeza e tratamento das juntas onde se verifica o crescimento de plantas superiores.

Nas áreas onde se verifica o desenvolvimento de líquenes e microorganismos, dever-se-á proceder à sua eliminação através de um tratamento com biocida apropriado à base de sais de amónio quaternário.

Nas áreas mais intensamente colonizadas, poderá ser necessário aumentar o número de aplicações a pincel ou com aspersor, seguindo-se criteriosamente as instruções do fabricante e as recomendações do mesmo relativamente à protecção a ter com o técnico aplicador e outras pessoas próximas do local. Durante a aplicação e período de acção do produto, as áreas tratadas devem ser protegidas da chuva.

Previamente à remoção do material biológico, dever-se-á proceder à confirmação de que todas as plantas estão mortas. A raspagem dos líquenes vivos evidencia uma componente esverdeada subjacente. Quando tal suceder, será necessário efectuar nova aplicação do biocida. Após um período não inferior a quatro semanas de actuação do biocida (com confirmação de que todos os exemplares estão mortos), a colonização deverá ser removida com escovas macias de piaçaba ou de nylon e, eventualmente, com o auxílio de pequenas quantidades de água, de preferência pelo sistema de água nebulizada. A limpeza deverá ser realizada de modo a que o edifício exiba uma patina o mais homogénea possível, e não se observem contrastes inestéticos nos tons das cores finais.

Mesmo os biocidas mais eficazes não impedem a recolonização biológica a médio ou a longo prazo, devendo por isso proceder-se à sua reaplicação com certa regularidade.

REMOÇÃO DAS CROSTAS NEGRAS

Este tipo de deterioração pode ser removido em grande parte com água nebulizada após um período inicial mais ou menos longo de humedecimento. Se a eliminação das crostas negras não se concretizar por este processo, poder-se-á recorrer à sua remoção integral e minuciosa por métodos mecânicos com recurso a espátulas de aço.

CONSOLIDAÇÃO DAS ÁREAS MAIS AFECTADAS POR DESAGREGAÇÃO GRANULAR

Nas pedras mais intensamente afectadas por desagregação granular, nomeadamente no arco do Portal Norte, dever-se-á aplicar um produto destinado a consolidar as zonas onde a coesão da rocha é fraca ou quase nula. Não parece ser necessária uma pré-consolidação das zonas com desagregação mais intensa uma vez que estas não necessitarão de limpeza por escovagem ou por água de nebulização.

O consolidante a utilizar deverá ser à base de ortossilicato de tetraetilo, disponível em várias marcas no mercado. A aplicação do consolidante será executada por técnico de restauro experimentado. A presença de quantidades significativas de minerais de sais solúveis, não visíveis macroscopicamente nas pedras afectadas por desagregação granular em virtude de estes minerais cristalizarem no interior da rede porosa do granito, pode diminuir a eficácia destes produtos, pelo que se recomenda a realização de aplicações experimentais do consolidante quer no local quer em laboratório, utilizando provetes do próprio monumento e não quaisquer outros obtidos em pedreira, uma vez que as características do meio poroso destes últimos ser totalmente distinto dos primeiros (Costa, 2007).

O consolidante deve ser aplicado até recusa aparente, de modo a conseguir-se uma profundidade de penetração o maior possível, seguindo-se as instruções do fabricante. As pedras deverão estar limpas e secas, não podendo o produto ser aplicado em superfícies molhadas. Após a aplicação, o produto tem um tempo de cura de pelo menos três semanas, pelo que as superfícies consolidadas deverão continuar protegidas da chuva durante este intervalo de tempo.

APLICAÇÃO DE UM PRODUTO HIDRÓFUGO

A redução da entrada de água por capilaridade após a aplicação de um consolidante não impede a entrada quer das soluções salinas a partir do solo quer das águas da chuva, não reduzindo, assim, significativamente a progressão dos processos de deterioração da pedra. Recomenda-se, pois, a aplicação de um produto hidrófugo após o período de cura do consolidante. Não é recomendável a aplicação de um produto simultaneamente consolidante e hidrófugo dado que ensaios anteriormente realizados (Begonha, 2003c) mostraram que a profundidade de penetração deste tipo de produtos é insuficiente.

O produto hidrófugo a utilizar deverá ser à base de um polisiloxano de modo a tornar as superfícies hidro-repelentes. O produto deve ser aplicado por técnico de restauro, seguindo rigorosamente as instruções do fabricante. Estes produtos hidrófugos têm uma elevada eficácia (Begonha e Fojo, 2006, Fojo, 2006), mas o período de actuação não é, em geral, muito longo, pelo que se torna indispensável a sua reaplicação com certa periodicidade.

Dever-se-á ter em especial atenção a aplicação do produto hidrófugo nas cornijas da fachada, de modo a evitar a entrada e passagem de água por capilaridade através das pedras.

COLOCAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE AFASTAMENTO DAS AVES

Não parece ser actualmente indispensável a colocação de dispositivos electrostáticos de afastamento das aves, atendendo não só aos elevados custos que tal sistema acarreta, mas também ao facto de, nas deslocações ao monumento, não ter sido registada actividade significativa de pombos ou de gaivotas no local.

BIBLIOGRAFIA

ACCARDO, G.; TABASSO, M.L.; MASSA, S., ROSSI-DORIA, P., 1978 - "Measurements of porosity and of mechanical resistance in order to evaluate the state of deterioration of some stones" in *Proceedings Colloque International UNESCO - RILEM Altération et Protection des Monuments en Pierre-Paris 1978*, 22 pp.

AIRES-BARROS, L., 1991 - "*Alteração e alterabilidade de rochas*" - Instituto Nacional de Investigação Científica, Lisboa, 384 pp.

ALVES, C., 1997 – "Estudo da deterioração de materiais graníticos aplicados em monumentos da cidade de Braga (Norte de Portugal). Implicações na conservação do Património Construído". Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga, 291 pp.

ALVES, C., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1993 - "Sais solúveis presentes em monumentos graníticos de Braga" in *Proceedings IX Semana de Geoquímica e II Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa-Porto 1993*, (eds. F. Noronha, M. Marques e P. Nogueira), Porto, pp. 525-529.

ALVES, C., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1994 - "Acção deteriorante da cristalização de sais em monumentos graníticos (um exemplo em Braga, Portugal)" in *Proceedings Scientific Meeting - Granitic Materials and Historical Monuments-Braga 1994*, Braga.

ALVES, C., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1995 - "Transferências de soluções e deterioração de materiais graníticos aplicados em monumentos de Braga (Portugal)" in *Proceedings 1º Congresso Internacional da Pedra Natural-Lisboa 1995*, pp. 281-292.

ALVES, C., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1996 - "Salt systems on granitic monuments (Braga - NW Portugal" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 109-114.

ALVES, C., JEANNETTE, D., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1993 - "Origin of porosity in the Braga granite and implications in Braga (NW Portugal) monuments degradation" - *Terra abstracts*, Nº. 1, vol. 5, EUG VII, Strasbourg, p. 621.

ALVES, C., SEQUEIRA BRAGA, M.A., HAMMECKER, C., 1996 - "Water transfer and decay of granitic stones in monuments" - *C.R. Académie Sciences de Paris*, T. 323, Série IIa, Paris, pp. 397-402.

AMOROSO, G.G., FASSINA, V., 1983 - "*Stone decay and Conservation*" - Elsevier, Materials Science Monographs, 11, 453 pp.

ARNOLD, A., 1976 - "Behaviour of some soluble saltsin stone deterioration" in *Proceedings 2nd International Symposium on the Deterioration of Building Stones-Athens 1976*, pp. 27-36.

ARNOLD, A., 1978 - "Documentation sur l' altération et la conservation des monuments en pierre" - in *Proceedings Colloque International UNESCO/RILEM Altération et protection des Monuments en pierre-Paris 1978*, sect. 1.2, pp. 1-31.

ARNOLD, A., 1984 - "Determination of mineral salts from monuments" - *Studies in Conservation*, vol. 29, pp. 129-138.

ARNOLD, A., KUENG, A., 1985 - "Crystallization and habits of salt efflorescences on walls I - methods of investigation and habits" in *Proceedings 5th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lausanne 1985*, pp. 255-267.

ARNOLD, A., ZEHNDER, K., 1985 - "Crystallization and habits of salt efflorescences on walls II - conditions of crystallization" in *Proceedings 5th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lausanne 1985*, pp. 269-277.

ARNOLD, A., ZEHNDER, K., 1987 - "Monitoring wall paintings affected by soluble salts" in *Proceedings Symposium The Conservation of Wall Paintings-London 1987*, (ed. Sharon Cather), Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute, London, pp. 103-135.

ARNOLD, A., ZEHNDER, K., 1988 - "Decay of stony materials by salts on humid atmosphere" in *Proceedings 6th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Torun 1988*, pp. 138-148.

ARNOLD, A., ZEHNDER, K., 1989 - "Salt weathering on monuments" in *Proceedings 1st Symposium La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Bari 1989*, (ed. Fulvio Zezza), Grafo, Brescia, pp. 31-58.

ATZENI, C., MASSIDDA, L., SANNA, U., 1991 - "Considerazioni sulla applicazione della legge di Darcy nello studio dell' assorbimento capillare in rocce porose" in *Proceedings Le Pietre nell' Architettura: Struttura e Superfici - Bressanone 1991* (coordenação de Guido Biscontin e Daniela Mietto), pp. 203-213.

BEAUCOURT, F., 1975 - "Les types d' altérations des roches calcaires: caractères chimiques et pétrographiques" in *Les Monuments Historiques de la France - La Maladie de la Pierre*, numéro hors série, pp. 21-26.

BEAUCOURT, F., JATON, C., 1975 - "Morphologie des altérations des calcaires" in *Les Monuments Historiques de la France - La Maladie de la Pierre*, numéro hors série, pp. 16-21.

BEGONHA, A., 1997 – "*Meteorização do granito e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da cidade do Porto*" – Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga, 393 pp.

BEGONHA, A., 2000 – "*Estudo da Patologia da Pedra do Mosteiro de S. Miguel de Refojos em Cabeceiras de Basto*", Porto, 73 pp.

BEGONHA, A., 2001 – "*Meteorização do granito e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da cidade do Porto*" – FEUP-Edições, Colecção Monografias, 2, Porto, 445 pp.

BEGONHA, A., 2002a – "*Igreja de S. João de Tarouca: Estudo da Deterioração da Pedra*", Porto, 68 pp.

BEGONHA, A., 2002b – "*Estudo da Deterioração da Pedra: Casa do Sr. Dr. João Morais Cabral em Vila Praia de Âncora*", Porto, 29 pp.

BEGONHA, A., 2002c – "*Estudo da Patologia da Pedra da Igreja de S. Pedro de Rates*", Relatório no âmbito do Protocolo DGEMN-FEUP – Estudo dos Materiais Pétreos e Argamassas, FEUP, Porto, 85 pp.

BEGONHA, A., 2003a – "*Igreja de Nossa Senhora da Ajuda, Matriz de Espinho: Estudo da Deterioração e do Tratamento da Pedra*", Porto, 52 pp.

BEGONHA, A., 2003b – "*Chafariz de Caminha: Estudo da Deterioração e do Tratamento da Pedra*", Porto, 30 pp.

BEGONHA, A., 2003c – "*Estudo da Aplicação de Consolidantes em Pedras da Igreja de S. Pedro de Rates*" – Relatório no âmbito do Protocolo DGEMN-FEUP – Estudo dos Materiais Pétreos e Argamassas, FEUP, Porto, 66 pp.

BEGONHA, A., 2003d – "*Igreja de S. João Baptista, Matriz de Vila do Conde: Estudo da Deterioração e do Tratamento da Pedra*" – Relatório no âmbito do Protocolo DGEMN-FEUP – Estudo dos Materiais Pétreos e Argamassas, FEUP, Porto, 74 pp.

BEGONHA, A., 2004a – "*Convento de São Gonçalo de Amarante: Estudo Diagnóstico e Proposta de Tratamento da Pedra*" – Relatório no âmbito do Protocolo DGEMN-FEUP – Estudo dos Materiais Pétreos e Argamassas, FEUP, Porto, 135 pp.

BEGONHA, A., 2004b – "*Igreja de Nossa Senhora da Assunção, Matriz de Caminha: Estudo da Deterioração da Pedra – Diagnóstico e Tratamentos*", Porto, 80 pp.

BEGONHA, A., 2005 – "*Patologia da Pedra na Fachada Principal da Igreja de Nossa Senhora da Lapa no Porto: Diagnóstico e Proposta de Tratamento*", Porto, 87 pp.

BEGONHA, A., 2006 – "*Patologia da Pedra do Palácio da Bolsa no Porto: Diagnóstico e Proposta de Tratamento*", Porto, 50 pp.

BEGONHA, A., FOJO, A., 2006 – "*Igreja de Nossa Senhora da Assunção, Matriz de Caminha: Estudo da Aplicação de Consolidantes nas Pedras de Microgranito dos Portais Oeste e Sul e de Hidrófugos na Fachada Norte*", Porto, 90 pp.

BEGONHA, A., JEANNETTE, D., HAMMECKER, C., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1994 - "Physical characteristics of the Oporto granite related to stone decay in monuments" in *Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994*, (eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza), Venezia, pp. 541-546.

BEGONHA, A., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1993 - "Stone weathering and deterioration in a granitic monument" in *Proceedings ISRM International Symposium on Safety and Environmental Issues in Rock Engineering Eurock' 93-Lisboa 1993*, (eds. Ribeiro e Sousa e Grossmann), Balkema, Rotterdam, pp. 267-274.

BEGONHA, A., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1994 - "Stone decay in the Hospital de Santo António: the role of granite weathering and the impact of air pollution" in *Proceedings Scientific Meeting - Granitic Materials and Historical Monuments-Braga 1994*, Braga.

BEGONHA, A., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1995 - "A meteorização do granito do Porto" in *Proceedings IV Congresso Nacional de Geologia-Porto 1995*, (coord. F. Sodré Borges e M.M. Marques), Universidade do Porto - Faculdade de Ciências - Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, *Memórias*, Nº. 4, pp. 171-175.

BEGONHA, A., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1996a - "Characterization of black crusts and thin black layers in granitic monuments: the role of air pollution" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp.121-126.

BEGONHA, A., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 1996b - "Black crusts and thin black layers in granitic monuments: their characterization and the role of air pollution" in *Proceedings 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Berlin 1996*, (ed. Josef Riederer), vol. 1, Berlin, pp. 371-375.

BEGONHA, A., SEQUEIRA BRAGA, M.A., 2000 – "Study of stone deterioration in the cloister of the Mosteiro de Grijó, Portugal" in *Proceedings 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, (ed. Vasco Fassina), , vol. 2, Venezia, pp. 689–696.

BEGONHA, A., SEQUEIRA BRAGA, M.A., GOMES DA SILVA, F., 1995 - "A acção da água da chuva na meteorização de monumentos graníticos" in *Proceedings IV Congresso Nacional de Geologia-Porto 1995*, (coord. F. Sodré Borges e M.M. Marques), Universidade do Porto - Faculdade de Ciências - Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, *Memórias*, Nº. 4, pp. 177-181.

BEGONHA, A., SEQUEIRA BRAGA, M.A., GOMES DA SILVA, F., 1996 - "Rain water as a source of the soluble salts responsible for stone decay in the granitic monuments of Oporto and Braga - Portugal" in *Proceedings 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Berlin 1996*, (ed. Josef Riederer), vol. 1, Berlin, pp. 481-487.

BERNABE, E., BROMBLET, P., ROBERT, M., 1995 - "Rôle de la cristallisation du natron dans la désagrégation sableuse d' un monument granitique en Bretagne" - *C.R. Académie Sciences de Paris*, T. 320, Série II a, Paris, pp. 571-578.

BERNABE, E., BROMBLET, P., VERGES-BELMIN, V., 1996 - "Presence of calcium monochloro-aluminate and ettringite in the original masonry core mortar of a granitic monument. Relation with the granular disintegration of the ashlars" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 115-119.

BROMBLET, P., 1989 - "*Les dégradations des pierres gréseuses des temples de Karnak (Egypte). Analyse pétrologique des mécanismes, et histoire de ces dégradations*" - Tese de Doutoramento, Université de Paris VII, Paris, 201 pp.

CAMUFFO, D., 1988 - "Surface moisture and conservation" - *European Cultural Heritage Newsletter,* vol. 2, Nº. 5, pp. 6-10.

CAMUFFO, D., BERNARDI, A., ZANETTI, M., 1988 - "Analysis of the real- time measurement of pH of rainfall at Padova, Italy: seasonal variation and meteorological aspects" - *The Science of the Total Environment*, 71, pp. 187-200.

CASAL PORTO, M., 1989 - "*Estudio de la alteración del granito en los edificios de interés histórico de la provincia de La Coruña*" - Tese de doutoramento, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 273 pp.

CASAL PORTO, M., DELGADO RODRIGUES, J., SILVA HERMO, B., 1992 - "Construction materials and decay problems of Salomé church in Santiago de Compostela" in *Proceedings 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lisboa 1992***,** (eds. J. Delgado Rodrigues, Fernando Henriques e F. Telmo Jeremias), LNEC, vol. 1, Lisboa, pp. 3-10.

CASAL PORTO, M., SILVA HERMO, B.M., DELGADO RODRIGUES, J., 1991 - "Agents and forms of weathering in granitic rocks used in monuments" in *Proceedings European Symposium Science, Technology and European Heritage-Bologna 1989*, (eds. N.S. Baer, C. Sabbioni e A.I. Sors), Commission of the European Communities, Butterworth - Heinemann, Oxford, pp. 439-442.

CASAL PORTO, M., SILVA HERMO, B.M., GUITIÁN, F., 1989 - "Estado de alteración del granito en edificios monumentales en Santiago y La Coruña" - *Cuaderno do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, vol. 14, pp. 43-54.

CASTRO, E., 1974 - "Determination of the pore-size distribution in stones by means of the moisture suction" - *LNEC, Memória*, Nº. 441, Lisboa, 11 pp.

CASTRO, E., 1977 - "Détermination de la porométrie et de la surface spécifique des pierres par des essais de succion" - *LNEC, Memória*, Nº. 490, Lisboa, 16 pp.

CASTRO, E., 1979a - "Les méthodes de succion dans l' étude de l' altération des pierres" - *LNEC, Memória*, Nº. 516, Lisboa, 29 pp.

CASTRO, E., 1979b - "Évaluation de l' hygroscopicité des pierres" - *LNEC, Memória*, Nº. 526, Lisboa, 22 pp.

CASTRO, E., 1981 - "Quelques études sur l' efficacité et la durabilité de deux traitements appliqués à un calcaire" - *LNEC, Memória*, Nº. 563, Lisboa, 13 pp.

CASTRO, E., 1983 - "Studies on stone treatments" - *LNEC, Memória*, Nº. 584, Lisboa, 6 pp.

CASTRO, E., 1985 - "*Estudos sobre tratamentos de protecção de pedras contra os agentes atmosféricos e a poluição*" - Proc. 54/11/7390 e Proc. 54/1/7881, Lisboa, 54 pp.

CASTRO, E., 1988 - "The interest of pore-size distribution in the identification of marbles suction methods" - *LNEC, Memória*, Nº. 721, Lisboa, 12 pp.

CASTRO, E., CRAVO, M.R., 1987 - "A civilização e a deterioração dos monumentos de pedra" - *LNEC, Memória*, Nº. 689, Lisboa, 10 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, J., 1987 – "Parecer sobre a conservação de duas igrejas, nos Açores" – Nota técnica Nº 12/87-NP, 7 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, M.P., 1989a - "*Parecer sobre`a conservação do Pavimento da Biblioteca Joanina, em Coimbra*" - Relatório 245/89 - NP/NQ, Lisboa, 9 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, J., 1989b - "A alteração e a conservação da Cruz de Portugal, em Silves" - *LNEC, Memória,* Nº. 732, Lisboa, 11 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, J., CRAVO, M.R.T., 1985 - "Étude du nettoyage de la façade d' une église à Lisbonne (Igreja da Conceição Velha)" - *LNEC, Memória,* Nº. 657, Lisboa, 7 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, J., CRAVO, M.R.T., 1987 - "*Estudos sobre a alteração e a conservação do pórtico da Igreja de Bravães*" - Proc. 54/1/8558, Obra 24/53/485, Lisboa, 24 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, J., CRAVO, M.R.T., 1988 - "Étude du nettoyage d' un monument en granite" - *LNEC, Memória,* Nº. 715, Lisboa, 10 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, J., CRAVO, M.R.T., 1990a - "*Estudos relativos à alteração e conservação da fachada da Igreja de Santa Cruz, em Coimbra*" - Relatório 176/90 - NP/NQ, Lisboa, 99 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, J., CRAVO, M.R.T., 1990b - "*Estudos relativos à alteração e à conservação do granito do claustro do Mosteiro de Grijó, em Vila Nova de Gaia*" - Relatório 243/90 - GERO/NQ, Lisboa, 41 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, J., CRAVO, M.R.T., 1991a - "*Estudo relativo à acção dos pombos sobre a pedra das igrejas do Carmo e dos Carmelitas, no Porto, e de São Gonçalo, em Amarante*" - Relatório 44/91 GERO/NQ, Lisboa, 27 pp.

CASTRO, E., DELGADO RODRIGUES, J., CRAVO, M.R.T., 1991b - "*Estudo relativo à alteração e à conservação do granito da Torre dos Clérigos, no Porto*" - Relatório 70/91 - GERO/NQ, Lisboa, 18 pp.

COOPER, T.P., 1989 - "Effects of air pollution on historic buildings and monuments" - *European Community R&D on Environmental Protection Research Reviews*, Publication Nº. EUR 11626 of the Commission of the European Communities, 56 pp.

COOPER, T.P., 1993 - "Conservation of historic buildings, monuments and associated cultural property" - *European Cultural Heritage Newsletter on Research,* vol. 7, Nº. 1-4, pp. 43-48.

COOPER, T.P., 1994 - "Effects of air pollution on historic buildings and monuments (1986-1990). Scientific basis for conservation: air pollution levels, stone decay rates and their interrelation at historic monuments" - *European Cultural Heritage Newsletter on Research,* vol. 8, Nº. 2, pp. 13-21.

COOPER, T.P., DOWDING, P., LEWIS, J.O., MULVIN, L., O' BRIEN, P., OLLEY, J., O' DALY, G., 1991 - "Contribution of calcium from limestone and mortar to the decay of granite walling" in *Proceedings European Symposium Science, Technology and European Heritage-Bologna 1989*, (eds. N.S. Baer, C. Sabbioni e A.I. Sors), Commission of the European Communities, Butterworth - Heinemann, Oxford, pp. 456-461.

COSTA, D., 2007 – Avaliação de tratamentos para a conservação de superfícies graníticas arenizadas" – Tese de Especialista do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 217 pp.

DELGADO RODRIGUES, J., 1978 - "Some problems raised by the study of the weathering of igneous rocks" in *Proceedings Colloque International UNESCO - RILEM Altération et Protection des Monuments en Pierre-Paris 1978*, 16 pp.

DELGADO RODRIGUES, J., 1991 - "Causes, mechanisms and measurement of damage in stone monuments" in *Proceedings European Symposium Science, Technology and European Heritage-Bologna 1989*, (eds. N.S. Baer, C. Sabbioni e A.I. Sors), Commission of the European Communities, Butterworth - Heinemann, Oxford, pp. 124-137.

DELGADO RODRIGUES, J., 1993a - "Conservation of granitic rocks with application to megalithic monuments - granitix" - *European Cultural Heritage Newsletter on Research,* vol. 7, Nº. 1-4, pp. 27-33.

DELGADO RODRIGUES, J., 1993b - "Stone conservation in Portugal: problems, methods and means" in *Proceedings International Workshop Conservation of Architectural Surfaces: Stones and Wall Covering-Venezia 1992*, (eds. G. Biscontin e L. Graziano), Il Cardo, pp. 147-154.

DELGADO RODRIGUES, J., 1993c - "Incógnitas e problemas relativos à conservação de rochas graníticas e a sua abordagem nos projectos STEP" in *Alteración de Granitos y rocas afines - Proceedings Workshop Alteración de Granitos y rocas afines, empleados como materiales de construcción-Ávila 1991*, (eds. Vicente Hernández, Molina Ballesteros e Rives Arnau), C.S.I.C., Madrid, pp. 67-73.

DELGADO RODRIGUES, J., 1996 - "Conclusions report - Project STEP-CT90-0110 - Conservation of granitic rocks with application to the megalithic monuments" in *Proceedings of the European Comission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 161-242.

DELGADO RODRIGUES, J., 2000 - "Parecer sobre a conservação da Igreja da Misericórdia, em Braga" – Relatório 130/00 – GERO, Lisboa, 14 pp.

DELGADO RODRIGUES, J., CASTRO, E., 1989 - "Some remarks on the efficacy and harmfulness of stone cleaning" - *LNEC, Memória*, Nº. 739, Lisboa, 7 pp.

DELGADO RODRIGUES, J., CASTRO, E., 1990 - "*Parecer sobre o estado de conservação da platibanda e dos pináculos do Mosteiro de Santa Clara, em Vila do Conde*" - Relatório 217/90 - NP, Lisboa, 14 pp.

DELGADO RODRIGUES, J., COSTA, D., 2000 – "Parecer sobre a conservação do Mosteiro de Tibães" - Relatório 61/00 – GERO, Lisboa, 26 pp.

DELGADO RODRIGUES, J., GIL SARAIVA, J.A., 1985 - "Experimental and theoretical approach to the study of the mechanism of wind erosion of stone in monuments" - *LNEC, Memória*, Nº. 654, Lisboa, 9 pp.

DELGADO RODRIGUES, J., MOURA, M.R.M., SOARES DA SILVA, J.C., 1994 - "Limpeza da Torre dos Clérigos - estudos realizados e trabalhos executados" - *Monumentos*, Nº. 1, pp. 68-75.

DELGADO RODRIGUES, J., COSTA, D., PINTO, A.P.F., 1996 - "Use of water absorption characteristics for the study of stone treatments" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 319-324.

DEL MONTE M., SABBIONI, C., 1987 - "Glassy spherical particles on stone" - *European Cultural Heritage Newsletter*, vol. 1, Nº. 4, pp. 4-7.

DEL MONTE, M., SABBIONI, C., VITTORI, O., 1981 - "Airborne carbon particles and marble deterioration" - *Atmospheric Environment*, vol. 15, Nº. 5, pp. 645-652.

DEL MONTE, M., SABBIONI, C., VENTURA, A., ZAPPIA, G., 1984a - "Crystal growth from carbonaceous particles" - *The Science of the Total Environment*, 36, pp. 247-254.

DEL MONTE, M., SABBIONI, C., VITTORI, O., 1984b - "Urban stone sulphation and oil-fired carbonaceous particles" - *The Science of the Total Environment*, 36, pp. 369-376.

DIRECÇÃO GERAL DOS EDIFÍCIOS E MONUMENTOS NACIONAIS, 1938 – "Igreja de Santa Clara de Vila do Conde" – *Monumentos – Boletim da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais*, 14, 37 pp.

DUFFY, A.P., PERRY, S.H., 1994 - "The effects of mortars on granite decay" - in *Proceedings Conference Granite Weathering and Conservation-Dublin 1993*, (eds. E. Bell e T.P. Cooper), Dublin, pp.1-9.

FASSINA, V., LAZZARINI, L., BISCONTIN, G., 1976 - "Effects of atmospheric pollutants on the composition of black crusts deposited on venetiam marbles and stones" in *Proceedings 2nd International Symposium The Deterioration of Building Stones-Athens 1976*, pp. 201-211.

FASSINA, V., LAZZARINI, L., BISCONTIN, G., CALOGERO, S., 1982 - "Influenza del materiale particellare atmosferico sui processi di degradazione della pietra a Venezia" in *Proceedings 3rd International Symposium on the Deterioration and Preservation of Stones-Venezia 1979*, (ed. B. Badan), Libreria Progetto, Padova, pp. 43-54.

FEDDEMA, J.J., MEIERDING, T.C., 1987 - "Marble weathering and air pollution in Philadelphia" - *Atmospheric Environment*, vol. 21, Nº. 1, pp. 143-157.

FERREIRA, J.F.O., 2004 – "Caracterização da acção da água em edifícios de pedra". Tese de Mestrado da Universidade do Minho, Guimarães, 177 pp.

FITZNER, B., 1990 - "Mapping of natural stone monuments - documentation of lithotypes and weathering forms" in *Proceedings Advanced Workshop Analytical Methodologies for the Investigation of Damaged Stones-Pavia 1990*.

FITZNER, B., HEINRICHS, K., 1991 - "Weathering forms and rock characteristics of historical monuments carved from bedrocks in Petra, Jordan" in *Proceedings European Symposium Science, Technology and European Heritage-Bologna 1989*, (eds. N.S. Baer, C. Sabbioni e A.I. Sors), Commission of the European Communities, Butterworth - Heinemann, Oxford, pp. 908-911.

FITZNER, B., HEINRICHS, K., 1994 - "Damage diagnosis at monuments carved from bedrocks in Petra, Jordan" in *Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994*, (eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza), Venezia, pp. 663-671.

FITZNER, B., HEINRICHS, K., KOWNATZKI, R., 1992 - "Classification and mapping of weathering forms" in *Proceedings 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lisboa 1992***,** (eds. J. Delgado Rodrigues, Fernando Henriques e F. Telmo Jeremias), LNEC, vol. 2, Lisboa, pp. 957-968.

FITZNER, B., HEINRICHS, K., VOLKER, M., 1996a - "Model for salt weathering at maltese globigerina limestones" in *Proceedings of the European Commission Research Workshop Origin, Mechanisms and Effects of Salts on Degradation of Monuments in Marine and Continental Environments-Bari 1996,* (ed. F. Zezza), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 4, pp. 333-344.

FITZNER, B., HEINRICHS, K., VOLKER, M., 1996b - "Monument mapping - a contribution to monument preservation" in *Proceedings of the European Commission Research Workshop Origin, Mechanisms and Effects of Salts on Degradation of Monuments in Marine and Continental Environments-Bari 1996,* (ed. F. Zezza), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 4, pp. 347-355.

FOJO, A.C.T., 2006 – "Estudo da aplicação de consolidantes e hidrófugos em pedras graníticas da Igreja Matriz de Caminha". Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto, 446 pp.

FORT, R., LOPEZ DE ASCONA, M.C., MINGARRO, F., 1995 - "Petrophysical properties of the stone material of the bell tower of the Cathedral of Toledo (Spain)" in *Proceedings 1º Congresso Internacional da Pedra Natural-Lisboa 1995*, pp. 315-323.

FREITAS, V.P., 1992 - "*Transferência de humidade em paredes de edifícios - análise do fenómeno de interface*" - Tese de Doutoramento. Universidade do Porto, Porto, 200 pp.

FREITAS, V.P., BEGONHA, A., TELES, M., 1997 - "*Parecer sobre o comportamento da envolvente e dos revestimentos em pedra da agência de Braga do Banco de Portugal*" - Instituto da Construção, Relatório - LFC / IC - 037.97, Porto, 33 pp.

FRITZ, B., JEANNETTE, D., 1981 - "Pétrographie et contrôle géochimique expérimental de transformations superficielles de grès de monuments" - *Sciences Géologiques*, 34, 4, Strasbourg, pp. 193-208.

GROUX, D., 1986 - "*Rapport d' etude Notre-Dame-la-Grande, Poitiers, Vienne - portail ouest*", Poitiers, 22 pp.

HAMMECKER, C., 1993 - "*Importance des transferts d'eau dans la dégradation des pierres en oeuvre*" - Tese de Doutoramento, Université Louis Pasteur de Strasbourg, Strasbourg, 254 pp.

HAMMECKER, C., ESBERT, R.M.A., JEANNETTE, D., 1992 - "Geometry modifications of porous network in carbonate rocks by ethyl silicate treatment" in *Proceedings 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lisboa 1992***,** (eds. J. Delgado Rodrigues, F. Henriques e F. Telmo Jeremias), LNEC, vol. 3, Lisboa, pp. 1053-1062.

HAMMECKER, C., MERTZ, J.D., FISCHER, C., JEANNETTE, D., 1993 - "A geometrical model for numerical simulation of capillary imbibition in sedimentary rocks" - *Transport in Porous Media*, 12, pp. 125-141.

HANEEF, S.J., DICKINSON, C., JOHNSON, J.B., THOMPSON, G.E., WOOD, G.C., 1991 - "Degradation of coupled stones by artificial acid rain solution" in *Proceedings European Symposium Science, Technology and European Heritage-Bologna 1989*, (eds. N.S. Baer, C. Sabbioni e A.I. Sors), Commission of the European Communities, Butterworth - Heinemann, Oxford, pp. 469-473.

JEANNETTE, D., 1980 - "Les grès du Château du Landsberg: exemple d'évolution des grès vosgiens en milieu rural" - *Sciences Géologiques*, 33, 2, Strasbourg, pp. 111-118.

JEANNETTE, D., 1981 - "Modifications superficieles de grès en oeuvre dans les monuments alsaciens" - *Sciences Géologiques*, 34, 1, Strasbourg, pp. 37-46.

JEANNETTE, D., 1982 - "Altérations des grès des monuments alsaciens" - *Encyclopédie de l'Alsace*, vol. I, Strasbourg, pp. 163-168.

JEANNETTE, D., HAMMECKER, C., 1992 - "Facteurs et mécanismes des altérations" in *La Conservation de la Pierre Monumentale en France*, Presses du CNRS, Paris, pp. 73-81.

JEANNETTE, D., HAMMECKER, C., 1993 - "Importance des structures de porosité dans les altérations des pierres des monuments" in *Colloque Sédimentologie et Géochimie de la Surface à la mémoire de Georges Millot*, Paris, pp. 307-319.

JONES, M.S., O' BRIEN, P.F., HANEEF, S.J., THOMPSON, G.E., WOOD, G.C., COOPER, T.P., 1996 - "A study of decay occurring in Leinster granite, house nº 9, Trinity college, Dublin" in *Proceedings 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Berlin 1996*, (ed. Josef Riederer), vol. 1, Berlin, pp. 211-221.

KOBRANOVA, V.N., 1989 - "*Petrophysics*", Mir Publishers, Springer Verlag, 375 pp.

MENG, B., 1992 - "Moisture - Transport - Relevant characterization of pore structure" in *Proceedings 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lisboa 1992***,** (eds. J. Delgado Rodrigues, Fernando Henriques e F. Telmo Jeremias), LNEC, vol. 1, Lisboa, pp. 387-396.

MENG, B., 1993 - "Characterization of pore structure for the interpretation of moisture transport" in *Proceedings International RILEM/UNESCO Congress Conservation of Stone and other Materials-Paris 1993*, (ed. M. J. Thiel), E & FN Spon, vol. 1, London, pp. 155-162.

MERTZ, J.D., 1991 - "*Structures de porosité et propriétés de transport dans les grès*" - Tese de Doutoramento, Université Louis Pasteur de Strasbourg, Sciences Géologiques, 90, Strasbourg, 149 pp.

MILLOT, G., COGNE, J., JEANNETTE, D., BESNUS, Y., MONNET, B., GURI, F., SCHIMPF, A., 1967 - "La maladie des grès de la cathédrale de Strasbourg" - *Bulletin Services Géologiques Alsace Lorraine*, 20, 3, Strasbourg, pp.131-157.

MILLOT, G., JEANNETTE, D., 1975 - "La maladie des pierres de grès: la cathédrale de Strasbourg" - *Les Monuments Historiques de la France - La Maladie de la Pierre*, numéro hors série, pp. 33-35.

MOUTINHO, A.M., 2005 – "Estudo da deterioração da pedra da Igreja de Santa Maria de Leça do Mosteiro de Leça do Balio" –Contributo para o ensino das Geociências. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto, 299 pp.

O' BRIEN, P.F., COOPER, T.P.C., LYONS, F., 1993 - "Granite decay research in Ireland" in *Alteración de Granitos y rocas afines - Proceedings Workshop Alteración de Granitos y rocas afines, empleados como materiales de construcción-Ávila 1991*, (eds. Vicente Hernández, Molina Ballesteros e Rives Arnau), C.S.I.C., Madrid, pp. 163-166.

OLIVEIRA, R.M.C., 2001 – "Deterioração de monumentos graníticos: o caso da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto – Abordagem didática" – Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto, 206 pp.

ORDAZ, J., ESBERT, R.S., 1985 - "Porosity and capillarity in some sandstone and dolomite monumental stones" in *Proceedings 5th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Lausanne 1985,* pp. 93-102.

ORDÓÑEZ, S., FORT, R., GARCÍA DEL CURA, M.A., 1995 - "Pore size distribution in durability evaluation of porous limestones: Bateig stone (Alicante - Spain)" in *Proceedings 1º Congresso Internacional da Pedra Natural-Lisboa 1995*, pp. 325-333.

PELEG, M., BURLA, E., COHEN, I., LURIA, M., 1989 - "Deterioration of Jerusalem limestone from air pollutants; field observations and laboratory simulation" - *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 12, Nº. 2, pp. 191-201.

PÉREZ-ORTIZ, A., ORDAZ, J., ESBERT, R.M., ALONSO, J., 1994 - "Microfissuring evolution of the granite from the Aleixos dolmen along the salt crystallization test" in *Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994*, (eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza), Venezia, pp. 115-119.

PINTO, A.P.F., 1993 - "*Conservação de pedras graníticas - estudo da acção de hidrófugos*" - Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 345 pp.

PINTO, A.P.F., DELGADO RODRIGUES, J., COSTA, D.R., 1994 - "Assessment of the efficacy and harmfulness of water repellents in granite" in *Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994*, (eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza), Venezia, pp. 883-889

RIVAS BREA, T., PRIETO, B., SILVA HERMO, B., 1994 - "Plaque-shedding by granite in the Monastery of San Martìn Pinario (Santiago de Compostela, NW Spain)" in *Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994*, (eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza), Venezia, pp. 737-741.

ROBERT, M., BERNABE, E., BROMBLET, P., JAUNET, A.M., VERGES-BELMIN, V., PENVEN, M.J., 1996 - "Identification of two alteration microsystems chemical and physical, causing granite and kersantite degradation in Brittany (France)" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 67-71.

RODRIGUEZ-REY, A., BRIGGS, G.A.D., FIELD, T.A., MONTOTO, M., 1990 - "Acoustic microscopy of rocks" - *Journal of Microscopy*, vol. 160, 1, pp. 21-29.

ROEKENS, E., VAN GRIEKEN, R., 1989 - "Rates of air pollution induced surface recession and material loss for a cathedral in Belgium" - *Atmospheric Environment*, vol. 22, Nº. 1, pp. 271-277.

ROEKENS, E., KOMY, Z., LEYSEN, L., VENY, P., VAN GRIEKEN, R., 1988 - "Chemistry of precipitation near a limestone building" - *Water, Air and Soil Pollution*, 38, 3-4, pp. 273-282.

ROSA, R.N., 1996 - "Contributions to the physical characterization of granitic rocks" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 255-260.

ROSSI-MANARESI, R., TUCCI, A., 1991 - "Pore structure and the disruptive or cementing effect of salt crystallization in various types of stone" - *Studies in Conservation*, vol. 36, Nº. 1, pp. 53-58.

SAABY, L., FENGER, J., BRINCH MADSEN, H., ROSENKRANS H∅YER, K., HOLM, K., 1989 - "Air pollution and its effect on the Danish cultural heritage" - *European Cultural Heritage Newsletter,* vol. 3, Nº. 2, pp. 17-25.

SCHIAVON, N., CHIAVARI, G., FABBRI, D., SCHIAVON, G., 1994 - "Microscopical and chemical analysis of black patinas on granite" in *Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994*, (eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza), Venezia, pp. 93-99.

SCHIAVON, N., CHIAVARI, G., FABBRI, D., SCHIAVON, G., 1996 - "Soiling of urban granite 2: chemical analyses od dark surficial patinas" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 313-318.

SEQUEIRA BRAGA, M.A., ALVES, A., BEGONHA, A., 1993 - "Meteorização do granito do Porto e degradação do edifício do Hospital de Santo António: monumento histórico construído com materiais graníticos" in *Alteración de Granitos y rocas afines - Proceedings Workshop Alteración de Granitos y rocas afines, empleados como materiales de construcción-Ávila 1991*, (eds. Vicente Hernández, Molina Ballesteros e Rives Arnau), C.S.I.C., Madrid, pp. 153-154.

SEQUEIRA BRAGA, M.A., ALVES, C., BEGONHA, A., GOMES DA SILVA, F., 1996 - "Industrial and urban pollution impact in Portuguese monuments: comparative study between two regions" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 127-132.

SILVA HERMO, B., CASAL PORTO, M., PRIETO, B., RIVAS BREA, T., GUITIÁN, F., 1994 - "Forms and factors of weathering in the Cathedral of Santiago de Compostela (NW Spain)" in *Proceedings 3º Simposio Internazionale La Conservazione dei Monumenti nel Bacino del Mediterraneo-Venezia 1994*, (eds. V. Fassina, H. Ott e F. Zezza), Venezia, pp. 743-748.

SILVA HERMO, B., RIVAS BREA, T., PRIETO, B., 1996a - "Relation between type of soluble salts and decay forms in granitic coastal churches in Galicia (NW Spain)" in *Proceedings of the European Commission Research Workshop Origin, Mechanisms and Effects of Salts on Degradation of Monuments in Marine and Continental Environments-Bari 1996,* (ed. F. Zezza), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 4, pp. 183-190.

SILVA HERMO, B., RIVAS BREA, T., PRIETO, B., DELGADO RODRIGUES, J., 1996b - "A comparison of the mechanisms of plaque formation and sand disintegration in granite in historical buildings" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 269-274.

SMITH, B.J., MAGEE, R.W., WHALLEY, W.B., 1993 - "Decay of granite in a polluted environment: Budapest" in *Alteración de Granitos y rocas afines - Proceedings Workshop Alteración de Granitos y rocas afines, empleados como materiales de construcción-Ávila 1991*, (eds. Vicente Hernández, Molina Ballesteros e Rives Arnau), C.S.I.C., Madrid, pp. 159-162.

SOUSA, J.M.M.S., 1996 - "*Caracterização da capilaridade de revestimentos de fachada*" - Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto, 138 pp.

STEIGER, M., ZEUNERT, A., 1996 - "Crystallization properties of salt mixtures: comparison of experimental results and model calculations" in *Proceedings 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Berlin 1996*, (ed. Josef Riederer), vol. 1, Berlin, pp. 535-544.

TABASSO, M.L., 1989 - "*La conservazione delle pietre naturali ed artificiali*" -I.R.N.A./C.S.I.C., Salamanca, 30 pp.

TELES, M., BEGONHA, A., 1999 – "*Parecer sobre o estado de conservação da pedra do Palácio do Freixo*", Porto, 39 pp.

VICENTE, M.A., 1996 - "Final report 1991-1994 - Project STEP-CT90-0101 - Granitic materials and historical monuments: study of the factors and mechanisms of weathering and application to historical heritage conservation" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 1-44.

VICENTE, M.A., GARCIA-TALEGON, J., IÑIGO, A.C.; MOLINA, E., RIVES, V., 1993 - "Weathering mechanisms of silicated rocks in continental environments" in *Proceedings International RILEM/UNESCO Congress Conservation of Stone and other Materials-Paris 1993*, (ed. M. J. Thiel), E & FN Spon, vol. 1, London, pp. 320-327.

WARKE, P.A., SMITH, B.J., 1994 - "Inheritance effects on the efficacy of salt weathering mechanisms in thermally cycled granite blocks under laboratory and field conditions" - in *Proceedings Conference Granite Weathering and Conservation-Dublin 1993*, (eds. E. Bell e T.P. Cooper), Dublin, pp.19-27.

YOUNG, M.E., JONES, M.S., MacDONALD, J., URQUHART, D.C.M., NICKOLSON, K., McHARDY, W.J., 1996 - "Investigations on the soiling and cleaning of some scottish granites" in *Proceedings of the European Commission Workshop Degradation and Conservation of Granitic Rocks in Monuments-Santiago de Compostela 1994*, (eds. M.A. Vicente, J. Delgado Rodrigues e J. Acevedo), Protection and Conservation of European Cultural Heritage, Research Report Nº. 5, pp. 429-434.

ZEHNDER. K.; 1979 - "Weathering of molasse sandstones on monuments and natural outcrops" in *Proceedings 3rd International Congress on the Deterioration and Preservation of Stone-Venezia 1979*, pp. 91-105.

ZEHNDER, K., ARNOLD, A., 1984 - "Stone damage due to formate salts" - *Studies in Conservation*, 29, pp. 23-34.

ZEHNDER, K., ARNOLD, A., 1988 - "New experiments on salt crystallization" in *Proceedings of the 6th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone-Torun 1988*, pp. 320-329.

ZEHNDER, K., ARNOLD, A., 1989 - "Crystal growth in salt efflorescence" - *Journal of Crystal Growth*, 97, Amsterdam, pp. 513-521.

ANEXO A1

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

PROVETE ISC 1.1									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	29	17	12	2007	247,16	0,2	0	0,0000	-0,0025
12	33	17	12	2007	247,46	1,05	4	0,2582	0,0162
12	38	17	12	2007	247,6	1,25	9	0,3873	0,0249
12	47	17	12	2007	247,73	1,6	18	0,5477	0,0330
13	1	17	12	2007	247,88	2,2	32	0,7303	0,0424
13	20	17	12	2007	248,01	2,55	51	0,9220	0,0505
13	51	17	12	2007	248,21	3,1	82	1,1690	0,0629
14	31	17	12	2007	248,4	3,85	122	1,4259	0,0748
15	22	17	12	2007	248,63	4,65	173	1,6980	0,0891
16	52	17	12	2007	248,9	6,02	263	2,0936	0,1059
18	19	17	12	2007	249,06		350	2,4152	0,1159
21	11	17	12	2007	249,11		522	2,9496	0,1190
1	9	18	12	2007	249,13		760	3,5590	0,1203
14	36	18	12	2007	249,18		1567	5,1104	0,1234
20	40	18	12	2007	249,22		1931	5,6730	0,1259
13	22	19	12	2007	249,25		2933	6,9917	0,1278
19	42	19	12	2007	249,27		3313	7,4308	0,1290
15	38	20	12	2007	249,3		4509	8,6689	0,1309
15	23	21	12	2007	249,34		5934	9,9448	0,1334
18	38	22	12	2007	249,37		7569	11,2317	0,1352
18	18	24	12	2007	249,44		10429	13,1840	0,1396

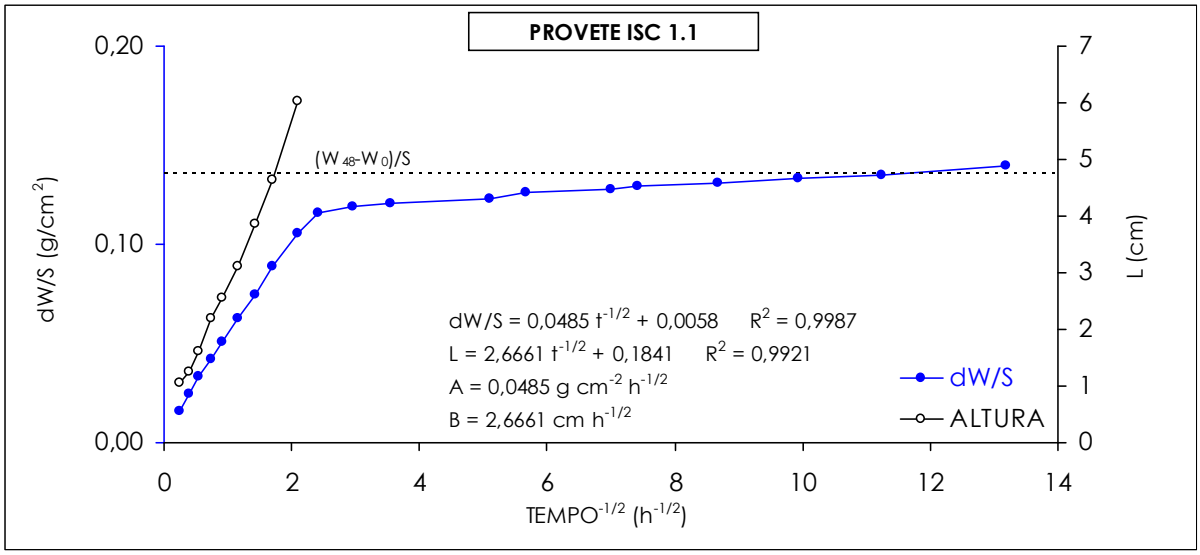
PESO - 247,20 g

SECÇÃO (cm²) - 16,046

ALTURA - 6,02 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,26

N_{48}	
0	0,14
14	0,14



PROVETE ISC 1.2									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	30	17	12	2007	241,74	0,20	0	0,0000	0,0000
12	33	17	12	2007	242,05	0,95	3	0,2236	0,0193
12	39	17	12	2007	242,22	1,25	9	0,3873	0,0299
12	48	17	12	2007	242,37	1,55	18	0,5477	0,0393
13	2	17	12	2007	242,51	2,25	32	0,7303	0,0480
13	20	17	12	2007	242,67	2,70	50	0,9129	0,0580
13	52	17	12	2007	242,86	3,20	82	1,1690	0,0698
14	32	17	12	2007	243,07	3,80	122	1,4259	0,0829
15	23	17	12	2007	243,33	4,70	173	1,6980	0,0991
16	52	17	12	2007	243,63	5,96	262	2,0897	0,1178
18	19	17	12	2007	243,75		349	2,4118	0,1253
21	12	17	12	2007	243,79		522	2,9496	0,1278
1	9	18	12	2007	243,81		759	3,5567	0,1290
14	36	18	12	2007	243,87		1566	5,1088	0,1327
20	40	18	12	2007	243,89		1930	5,6716	0,1340
13	23	19	12	2007	243,92		2933	6,9917	0,1359
19	42	19	12	2007	243,94		3312	7,4297	0,1371
15	38	20	12	2007	243,98		4508	8,6679	0,1396
15	24	21	12	2007	244,01		5934	9,9448	0,1415
18	39	22	12	2007	244,05		7569	11,2317	0,1440
18	18	24	12	2007	244,13		10428	13,1833	0,1489

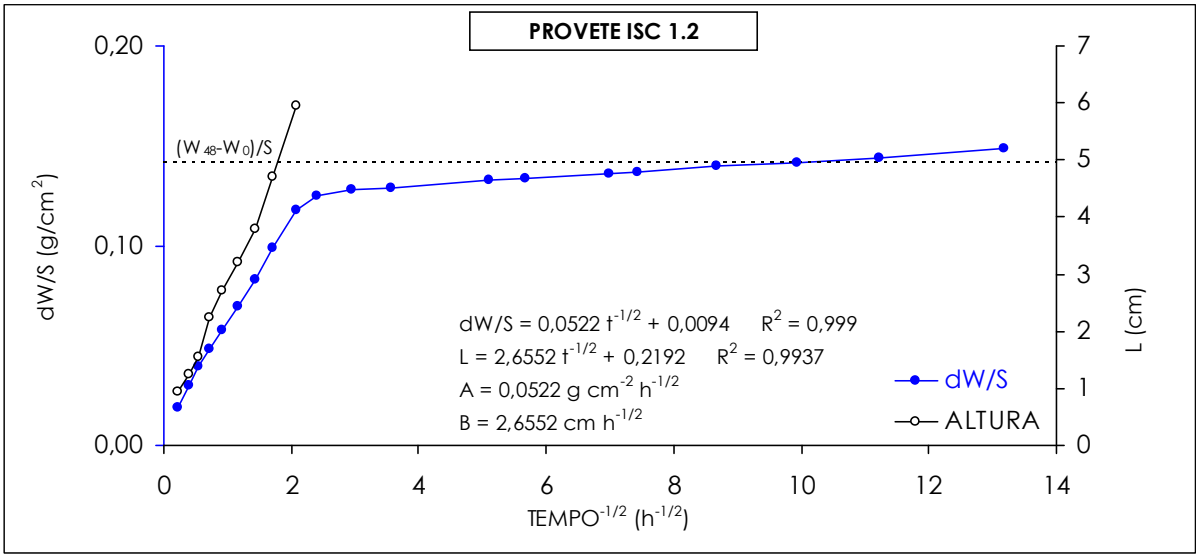
PESO - 241,74 g

SECÇÃO (cm²) - 16,046

ALTURA - 5,96 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,35

N_{48}	
0	0,14
14	0,14



PROVETE ISC 1.3									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	30	17	12	2007	234,95	0,20	0,00	0,00	0,00
12	34	17	12	2007	235,26	1,00	4,00	0,26	0,02
12	39	17	12	2007	235,37	1,15	9,00	0,39	0,03
12	48	17	12	2007	235,51	1,50	18,00	0,55	0,03
13	2	17	12	2007	235,65	1,95	32,00	0,73	0,04
13	21	17	12	2007	235,81	2,60	51,00	0,92	0,05
13	52	17	12	2007	236,01	3,20	82,00	1,17	0,07
14	32	17	12	2007	236,22	3,85	122,00	1,43	0,08
15	23	17	12	2007	236,47	4,65	173,00	1,70	0,09
16	21	17	12	2007	236,68	5,73	231,00	1,96	0,11
16	53	17	12	2007	236,76		263,00	2,09	0,11
18	20	17	12	2007	236,83		350,00	2,42	0,12
21	12	17	12	2007	236,83		522,00	2,95	0,12
1	10	18	12	2007	236,85		760,00	3,56	0,12
14	36	18	12	2007	236,90		1566,00	5,11	0,12
20	41	18	12	2007	236,93		1931,00	5,67	0,12
13	23	19	12	2007	236,95		2933,00	6,99	0,12
19	43	19	12	2007	236,97		3313,00	7,43	0,13
15	39	20	12	2007	237,00		4509,00	8,67	0,13
15	24	21	12	2007	237,03		5934,00	9,94	0,13
18	39	22	12	2007	237,07		7569,00	11,23	0,13
18	19	24	12	2007	237,14		10429,00	13,18	0,14

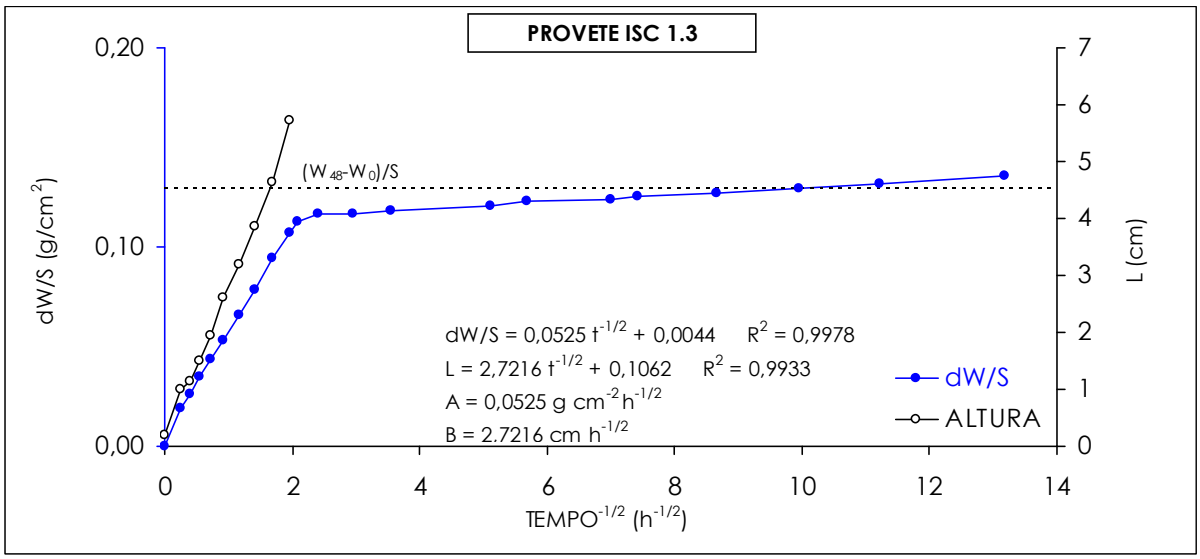
PESO - 234,95 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,73 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,26

N_{48}	
0	0,13
14	0,13



PROVETE ISC 1.4									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	30	17	12	2007	245,01	0,20	0,00	0,00	0,00
12	35	17	12	2007	245,34	1,00	5,00	0,29	0,02
12	40	17	12	2007	245,46	1,25	10,00	0,41	0,03
12	49	17	12	2007	245,59	1,60	19,00	0,56	0,04
13	3	17	12	2007	245,72	2,05	33,00	0,74	0,04
13	21	17	12	2007	245,86	2,60	51,00	0,92	0,05
13	53	17	12	2007	246,07	3,25	83,00	1,18	0,07
14	32	17	12	2007	246,27	3,65	122,00	1,43	0,08
15	24	17	12	2007	246,50	4,65	174,00	1,70	0,09
16	54	17	12	2007	246,81	5,98	264,00	2,10	0,11
18	20	17	12	2007	246,98		350,00	2,42	0,12
21	12	17	12	2007	246,99		522,00	2,95	0,12
1	10	18	12	2007	247,01		760,00	3,56	0,13
14	37	18	12	2007	247,05		1567,00	5,11	0,13
20	41	18	12	2007	247,10		1931,00	5,67	0,13
13	23	19	12	2007	247,11		2933,00	6,99	0,13
19	45	19	12	2007	247,11		3315,00	7,43	0,13
15	39	20	12	2007	247,16		4509,00	8,67	0,13
15	25	21	12	2007	247,20		5935,00	9,95	0,14
18	40	22	12	2007	247,23		7570,00	11,23	0,14
18	19	24	12	2007	247,29		10429,00	13,18	0,14

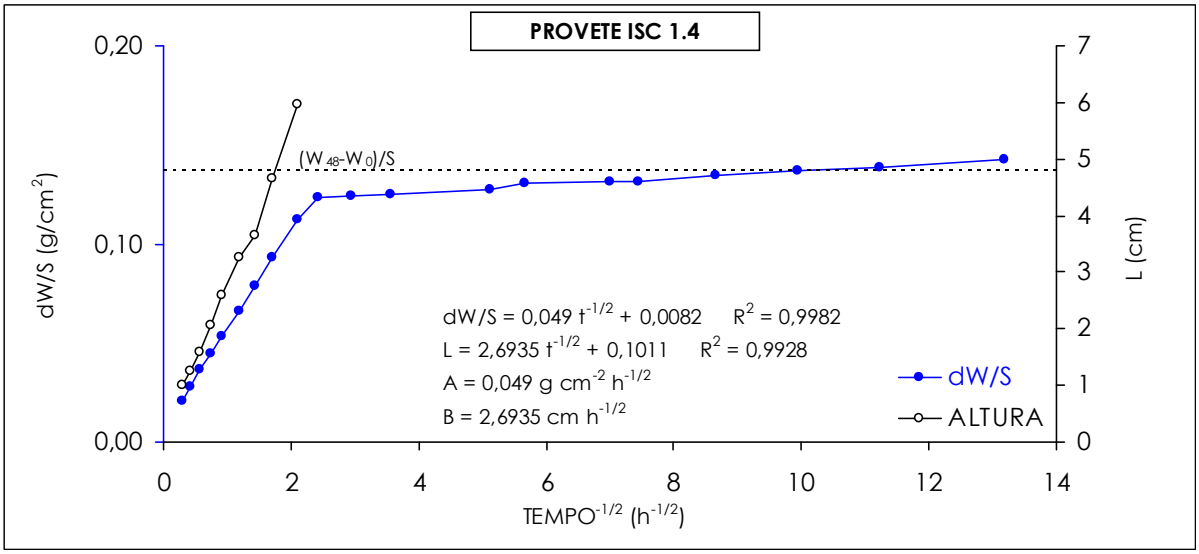
PESO - 245,01 g

SECÇÃO (cm²) - 15,975

ALTURA - 5,98 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,29

N_{48}	
0	0,14
14	0,14



PROVETE ISC 2.1									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	31	17	12	2007	243,93	0,20	0,00	0,00	0,00
12	35	17	12	2007	244,29	1,05	4,00	0,26	0,02
12	40	17	12	2007	244,40	1,20	9,00	0,39	0,03
12	49	17	12	2007	244,55	1,75	18,00	0,55	0,04
13	3	17	12	2007	244,71	2,20	32,00	0,73	0,05
13	22	17	12	2007	244,82	2,70	51,00	0,92	0,06
13	53	17	12	2007	245,05	3,30	82,00	1,17	0,07
14	33	17	12	2007	245,25	3,60	122,00	1,43	0,08
15	25	17	12	2007	245,46	4,60	174,00	1,70	0,09
16	54	17	12	2007	245,76	5,45	263,00	2,09	0,11
17	45	17	12	2007	245,88	5,94	314,00	2,29	0,12
18	20	17	12	2007	245,95		349,00	2,41	0,13
21	13	17	12	2007	246,01		522,00	2,95	0,13
1	11	18	12	2007	246,02		760,00	3,56	0,13
14	37	18	12	2007	246,08		1566,00	5,11	0,13
20	42	18	12	2007	246,11		1931,00	5,67	0,14
13	24	19	12	2007	246,14		2933,00	6,99	0,14
19	45	19	12	2007	246,15		3314,00	7,43	0,14
15	40	20	12	2007	246,18		4509,00	8,67	0,14
15	25	21	12	2007	246,23		5934,00	9,94	0,14
18	41	22	12	2007	246,26		7570,00	11,23	0,14
18	20	24	12	2007	246,33		10429,00	13,18	0,15

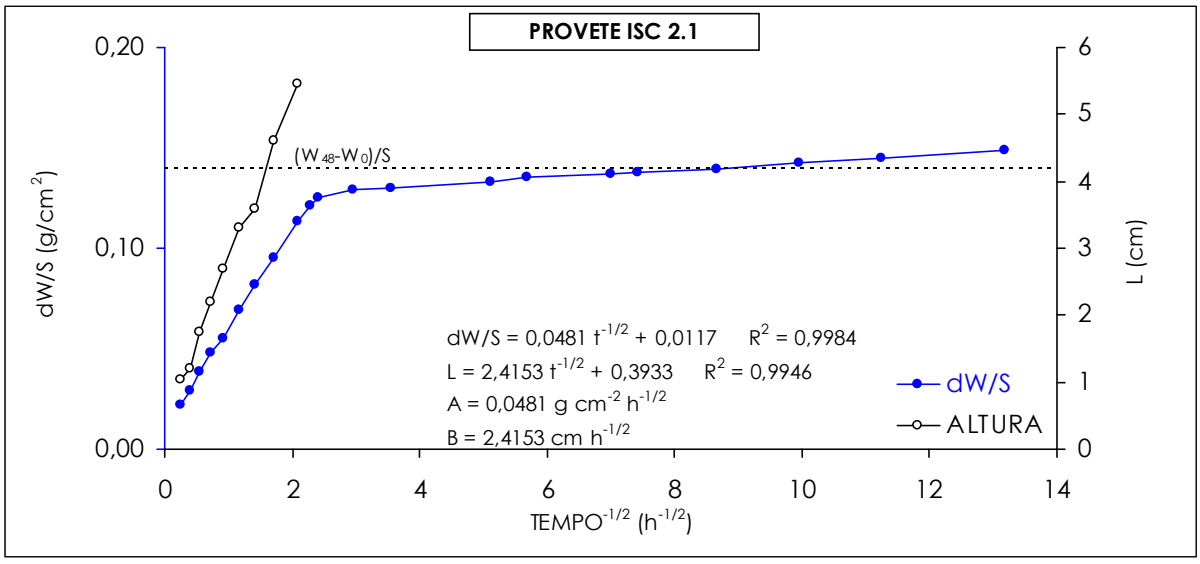
PESO - 243,93 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,94 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,34

N_{48}	
0	0,14
14	0,14



PROVETE ISC 2.2									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	31	17	12	2007	242,13	0,20	0,00	0,00	0,00
12	36	17	12	2007	242,49	1,10	5,00	0,29	0,02
12	41	17	12	2007	242,61	1,25	10,00	0,41	0,03
12	50	17	12	2007	242,74	1,70	19,00	0,56	0,04
13	4	17	12	2007	242,88	2,20	33,00	0,74	0,05
13	22	17	12	2007	243,05	2,60	51,00	0,92	0,06
13	54	17	12	2007	243,26	3,30	83,00	1,18	0,07
14	34	17	12	2007	243,45	3,95	123,00	1,43	0,08
15	25	17	12	2007	243,70	4,55	174,00	1,70	0,10
16	55	17	12	2007	244,01	5,93	264,00	2,10	0,12
18	21	17	12	2007	244,14		350,00	2,42	0,12
21	13	17	12	2007	244,15		522,00	2,95	0,13
1	11	18	12	2007	244,17		760,00	3,56	0,13
14	38	18	12	2007	244,23		1567,00	5,11	0,13
20	42	18	12	2007	244,26		1931,00	5,67	0,13
13	24	19	12	2007	244,28		2933,00	6,99	0,13
19	45	19	12	2007	244,30		3314,00	7,43	0,13
15	40	20	12	2007	244,33		4509,00	8,67	0,14
15	25	21	12	2007	244,36		5934,00	9,94	0,14
18	41	22	12	2007	244,40		7570,00	11,23	0,14
18	20	24	12	2007	244,48		10429,00	13,18	0,15
18	20	24	12	2007	246,33		10429,00	13,18	0,26

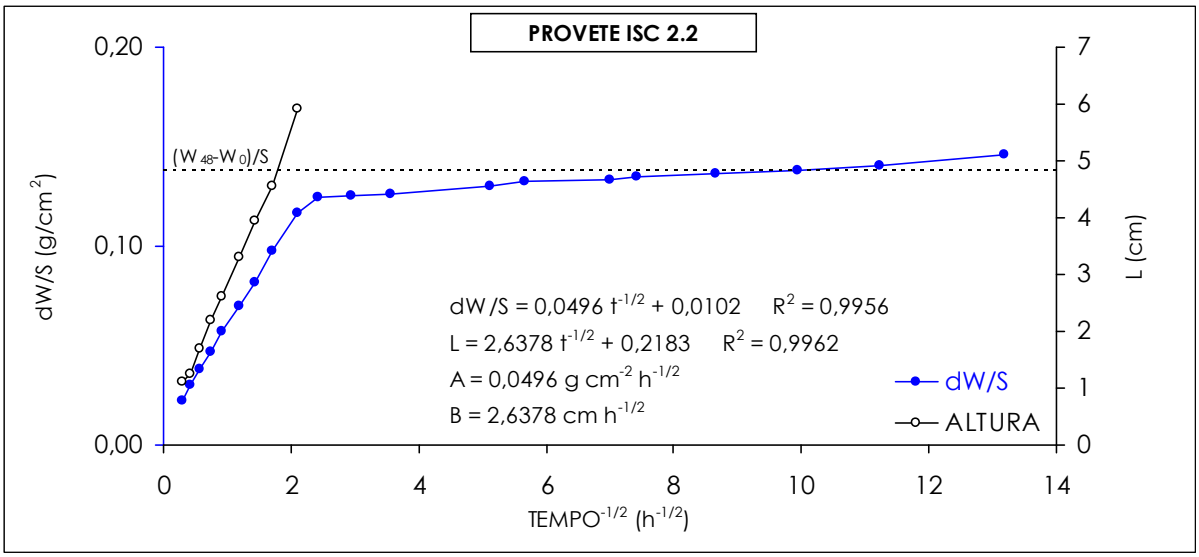
PESO - 242,13 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,93 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,33

N_{48}	
0	0,14
14	0,14



PROVETE ISC 2.3									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	42	17	12	2007	240,91	0,20	0,00	0,00	0,00
12	44	17	12	2007	241,16	1,05	2,00	0,18	0,02
12	50	17	12	2007	241,41	1,55	8,00	0,37	0,03
12	59	17	12	2007	241,56	1,85	17,00	0,53	0,04
13	13	17	12	2007	241,73	2,50	31,00	0,72	0,05
13	34	17	12	2007	241,92	2,90	52,00	0,93	0,06
14	20	17	12	2007	242,23	3,95	98,00	1,28	0,08
14	37	17	12	2007	242,34	4,15	115,00	1,38	0,09
15	26	17	12	2007	242,62	5,10	164,00	1,65	0,11
16	22	17	12	2007	242,85	5,85	220,00	1,91	0,12
16	56	17	12	2007	242,95		254,00	2,06	0,13
18	21	17	12	2007	242,97		339,00	2,38	0,13
21	14	17	12	2007	242,99		512,00	2,92	0,13
1	12	18	12	2007	243,02		750,00	3,54	0,13
14	38	18	12	2007	243,07		1556,00	5,09	0,13
20	43	18	12	2007	243,10		1921,00	5,66	0,14
13	25	19	12	2007	243,14		2923,00	6,98	0,14
19	46	19	12	2007	243,16		3304,00	7,42	0,14
15	41	20	12	2007	243,17		4499,00	8,66	0,14
15	27	21	12	2007	243,24		5925,00	9,94	0,14
18	43	22	12	2007	243,24		7561,00	11,23	0,14
18	22	24	12	2007	243,31		10420,00	13,18	0,15

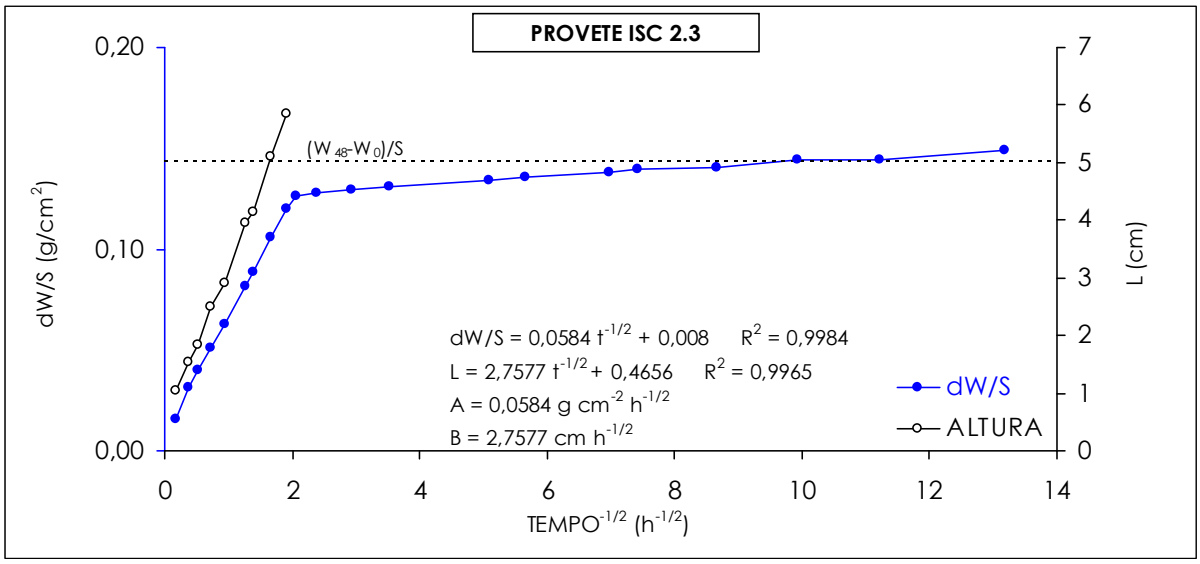
PESO - 240,91 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,85 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,45

N_{48}	
0	0,14
14	0,14



PROVETE ISC 2.4									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	42	17	12	2007	241,74	0,20	0,00	0,00	0,05
12	44	17	12	2007	242,08	1,05	2,00	0,18	0,07
12	50	17	12	2007	242,29	1,55	8,00	0,37	0,09
12	59	17	12	2007	242,44	1,85	17,00	0,53	0,09
13	14	17	12	2007	242,60	2,25	32,00	0,73	0,10
13	34	17	12	2007	242,81	2,85	52,00	0,93	0,12
14	20	17	12	2007	243,09	3,85	98,00	1,28	0,14
14	37	17	12	2007	243,18	4,20	115,00	1,38	0,14
15	27	17	12	2007	243,45	4,95	165,00	1,66	0,16
16	23	17	12	2007	243,70	5,91	221,00	1,92	0,17
16	57	17	12	2007	243,80		255,00	2,06	0,18
18	22	17	12	2007	243,86		340,00	2,38	0,18
21	14	17	12	2007	243,86		512,00	2,92	0,18
1	12	18	12	2007	243,89		750,00	3,54	0,18
14	39	18	12	2007	243,98		1557,00	5,09	0,19
20	43	18	12	2007	244,00		1921,00	5,66	0,19
13	25	19	12	2007	244,04		2923,00	6,98	0,19
19	46	19	12	2007	244,06		3304,00	7,42	0,20
15	41	20	12	2007	244,08		4499,00	8,66	0,20
15	27	21	12	2007	244,16		5925,00	9,94	0,20
18	44	22	12	2007	244,16		7562,00	11,23	0,20
18	23	24	12	2007	244,21		10421,00	13,18	0,20

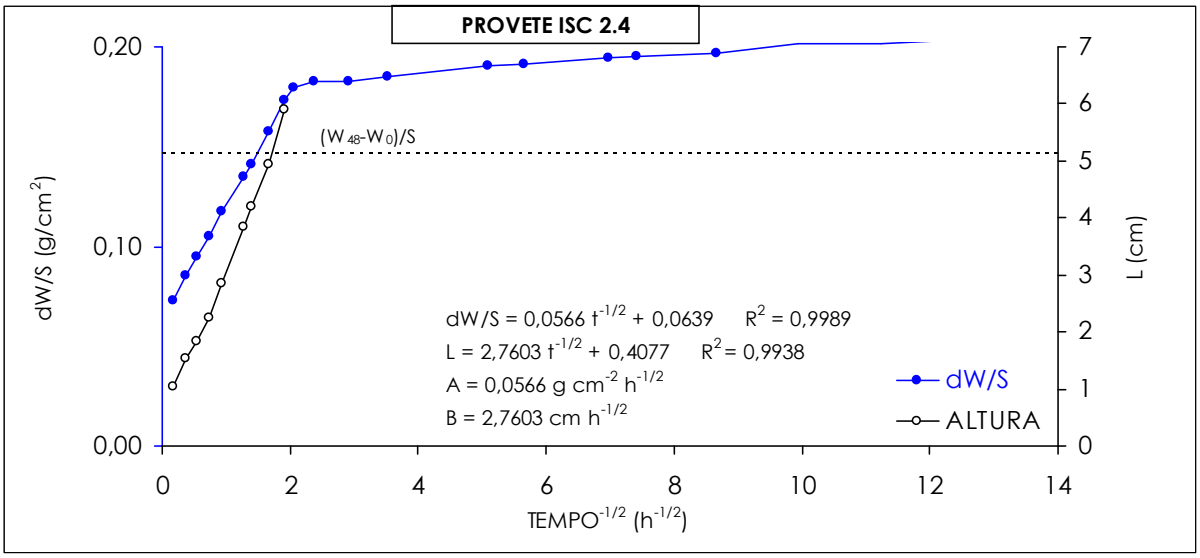
PESO - 241,74 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,91 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,48

N_{48}	
0	0,15
14	0,15



PROVETE ISC 3.1									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	42	17	12	2007	239,84	0,20	0,00	0,00	0,00
12	45	17	12	2007	241,12	1,55	3,00	0,22	0,08
12	51	17	12	2007	241,80	2,45	9,00	0,39	0,12
12	59	17	12	2007	242,39	3,05	17,00	0,53	0,16
13	5	17	12	2007	242,65	3,50	23,00	0,62	0,17
13	14	17	12	2007	243,10	3,95	32,00	0,73	0,20
13	27	17	12	2007	243,62	4,60	45,00	0,87	0,23
13	35	17	12	2007	243,83	4,85	53,00	0,94	0,25
13	46	17	12	2007	244,10	5,20	64,00	1,03	0,26
14	38	17	12	2007	245,07	6,20	116,00	1,39	0,32
15	27	17	12	2007	245,27		165,00	1,66	0,34
16	57	17	12	2007	245,37		255,00	2,06	0,34
18	22	17	12	2007	245,39		340,00	2,38	0,34
21	15	17	12	2007	245,44		513,00	2,92	0,35
1	13	18	12	2007	245,50		751,00	3,54	0,35
14	39	18	12	2007	245,68		1557,00	5,09	0,36
20	44	18	12	2007	245,73		1922,00	5,66	0,37
13	25	19	12	2007	245,96		2923,00	6,98	0,38
19	47	19	12	2007	245,96		3305,00	7,42	0,38
15	42	20	12	2007	245,96		4500,00	8,66	0,38
15	28	21	12	2007	246,00		5926,00	9,94	0,38
18	45	22	12	2007	246,00		7563,00	11,23	0,38
18	23	24	12	2007	246,09		10421,00	13,18	0,39

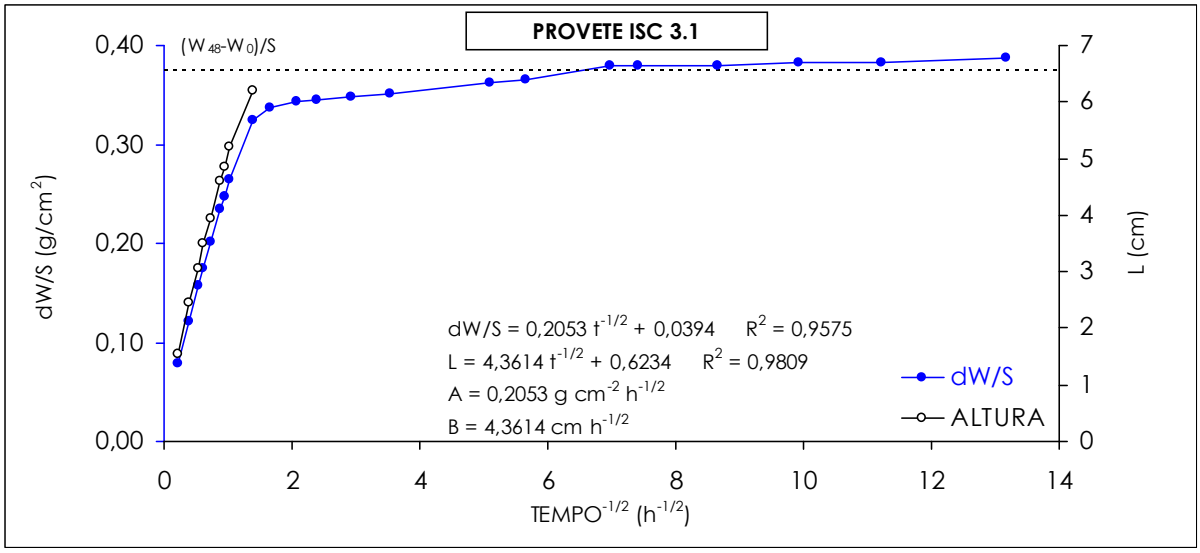
PESO - 239,84 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 6,20 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 6,03

N_{48}	
0	0,37
14	0,37



PROVETE ISC 3.3									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	43	17	12	2007	221,43	0,20	0,00	0,00	0,00
12	45	17	12	2007	223,05	1,85	2,00	0,18	0,10
12	51	17	12	2007	224,05	2,70	8,00	0,37	0,16
13	0	17	12	2007	224,81	3,85	17,00	0,53	0,21
13	5	17	12	2007	225,14	4,50	22,00	0,61	0,23
13	14	17	12	2007	225,67	4,80	31,00	0,72	0,26
13	32	17	12	2007	226,43	5,81	49,00	0,90	0,31
13	43	17	12	2007	226,59		60,00	1,00	0,32
14	10	17	12	2007	226,60		87,00	1,20	0,32
14	38	17	12	2007	226,63		115,00	1,38	0,32
15	28	17	12	2007	226,68		165,00	1,66	0,33
16	57	17	12	2007	226,70		254,00	2,06	0,33
18	23	17	12	2007	226,75		340,00	2,38	0,33
21	15	17	12	2007	226,80		512,00	2,92	0,33
1	13	18	12	2007	226,85		750,00	3,54	0,34
14	40	18	12	2007	226,98		1557,00	5,09	0,34
20	44	18	12	2007	227,03		1921,00	5,66	0,35
13	26	19	12	2007	227,13		2923,00	6,98	0,35
19	47	19	12	2007	227,17		3304,00	7,42	0,36
15	42	20	12	2007	227,22		4499,00	8,66	0,36
15	28	21	12	2007	227,32		5925,00	9,94	0,37
18	45	22	12	2007	227,32		7562,00	11,23	0,37
18	24	24	12	2007	227,41		10421,00	13,18	0,37

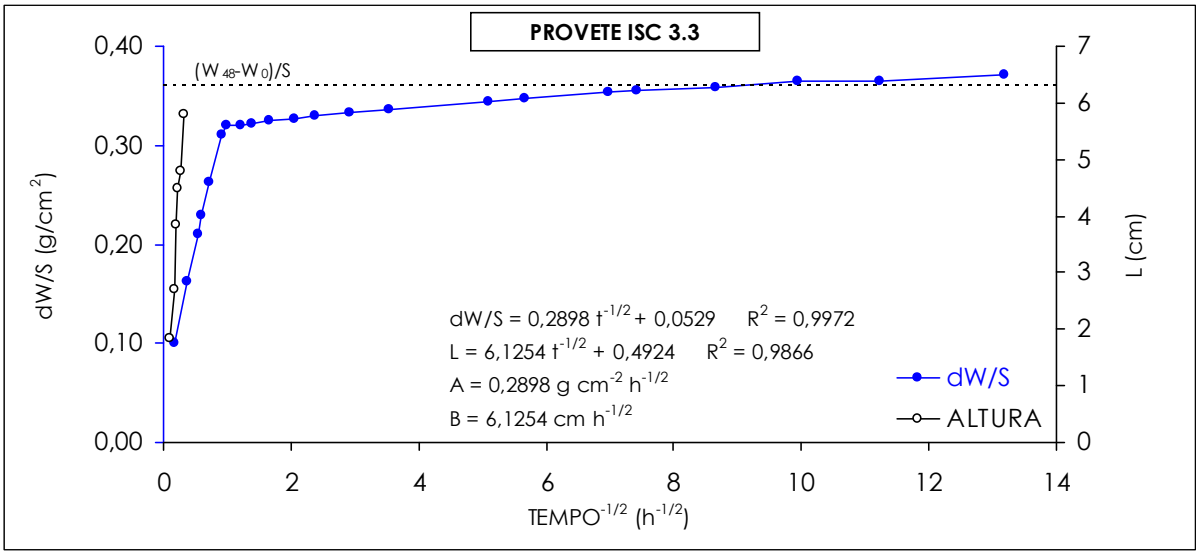
PESO - 221,43 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,81 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 6,20

N_{48}	
0	0,36
14	0,36



PROVETE ISC 3.4									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	43	17	12	2007	230,95	0,20	0,00	0,00	0,00
12	46	17	12	2007	232,53	1,80	3,00	0,22	0,10
12	52	17	12	2007	233,37	2,70	9,00	0,39	0,15
13	0	17	12	2007	234,12	3,90	17,00	0,53	0,20
13	6	17	12	2007	234,49	4,10	23,00	0,62	0,22
13	15	17	12	2007	235,03	4,45	32,00	0,73	0,25
13	28	17	12	2007	235,59	5,15	45,00	0,87	0,29
13	35	17	12	2007	235,87	5,45	52,00	0,93	0,31
13	44	17	12	2007	236,11		61,00	1,01	0,32
14	10	17	12	2007	236,34		87,00	1,20	0,33
14	38	17	12	2007	236,34		115,00	1,38	0,33
15	28	17	12	2007	236,35		165,00	1,66	0,34
16	58	17	12	2007	236,38		255,00	2,06	0,34
18	23	17	12	2007	236,40		340,00	2,38	0,34
21	16	17	12	2007	236,45		513,00	2,92	0,34
1	14	18	12	2007	236,51		751,00	3,54	0,34
14	40	18	12	2007	236,62		1557,00	5,09	0,35
20	44	18	12	2007	236,67		1921,00	5,66	0,35
13	26	19	12	2007	236,76		2923,00	6,98	0,36
19	48	19	12	2007	236,81		3305,00	7,42	0,36
15	43	20	12	2007	236,88		4500,00	8,66	0,37
15	28	21	12	2007	236,97		5925,00	9,94	0,37
18	46	22	12	2007	236,97		7563,00	11,23	0,37
18	24	24	12	2007	237,03		10421,00	13,18	0,38

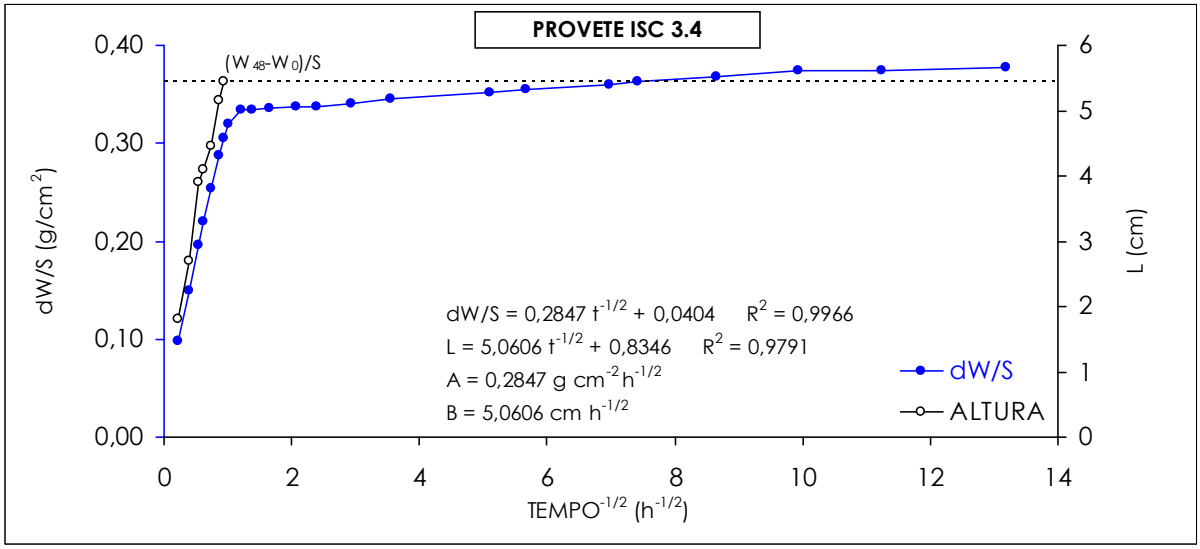
PESO - 230,95 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 6,01 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 6,04

N_{48}	
0	0,36
14	0,36



PROVETE ISC 4.1									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	43	17	12	2007	232,69	0,20	0,00	0,00	0,00
12	46	17	12	2007	233,99	1,70	3,00	0,22	0,08
12	52	17	12	2007	234,59	2,15	9,00	0,39	0,12
13	1	17	12	2007	235,18	2,95	18,00	0,55	0,16
13	6	17	12	2007	235,47	3,30	23,00	0,62	0,17
13	16	17	12	2007	235,91	3,55	33,00	0,74	0,20
13	28	17	12	2007	236,39	4,50	45,00	0,87	0,23
13	36	17	12	2007	236,64	4,80	53,00	0,94	0,25
13	44	17	12	2007	236,91	5,25	61,00	1,01	0,26
14	8	17	12	2007	237,51	6,02	85,00	1,19	0,30
14	39	17	12	2007	237,73		116,00	1,39	0,32
15	29	17	12	2007	237,81		166,00	1,66	0,32
16	58	17	12	2007	237,85		255,00	2,06	0,32
18	23	17	12	2007	237,87		340,00	2,38	0,32
21	16	17	12	2007	237,92		513,00	2,92	0,33
1	14	18	12	2007	237,98		751,00	3,54	0,33
14	41	18	12	2007	238,11		1558,00	5,10	0,34
20	45	18	12	2007	238,14		1922,00	5,66	0,34
13	27	19	12	2007	238,29		2924,00	6,98	0,35
19	48	19	12	2007	238,33		3305,00	7,42	0,35
15	43	20	12	2007	238,39		4500,00	8,66	0,36
15	29	21	12	2007	238,49		5926,00	9,94	0,36
18	46	22	12	2007	238,51		7563,00	11,23	0,36
18	25	24	12	2007	238,58		10422,00	13,18	0,37

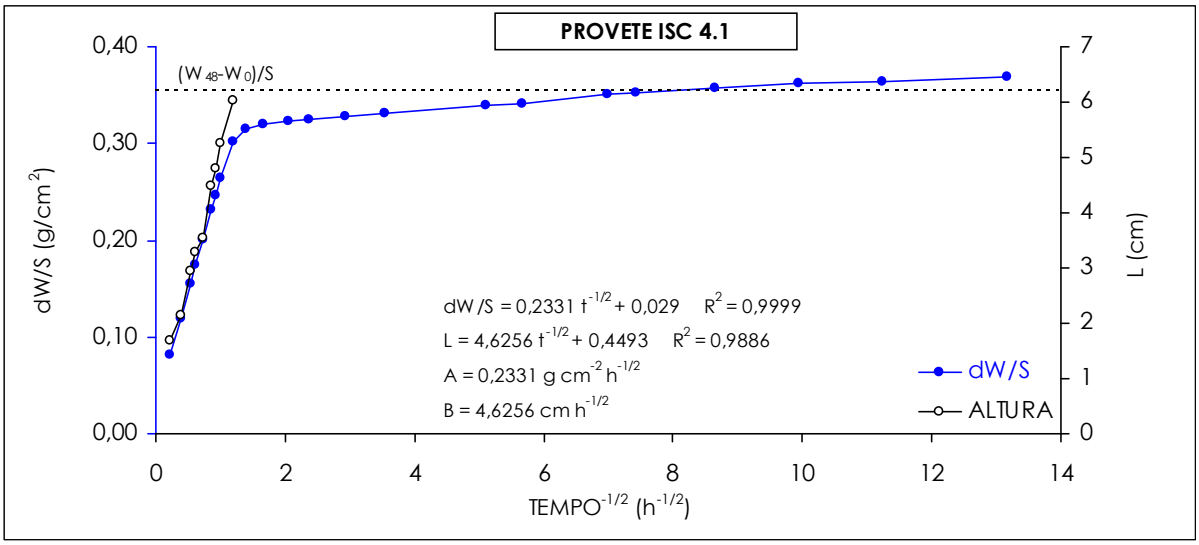
PESO - 232,69 g

SECÇÃO (cm²) - 15,975

ALTURA - 6,02 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 5,90

N_{48}	
0	0,35
14	0,35



PROVETE ISC 4.2									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
13	9	17	12	2007	232,83	0,20	0,00	0,00	0,00
13	10	17	12	2007	233,96	1,30	1,00	0,13	0,07
13	17	17	12	2007	234,96	2,60	8,00	0,37	0,13
13	25	17	12	2007	235,63	3,50	16,00	0,52	0,18
13	37	17	12	2007	236,30	4,20	28,00	0,68	0,22
13	47	17	12	2007	236,77	4,85	38,00	0,80	0,25
13	57	17	12	2007	237,17	5,15	48,00	0,89	0,27
14	26	17	12	2007	238,02	6,06	77,00	1,13	0,32
14	39	17	12	2007	238,19		90,00	1,22	0,34
15	29	17	12	2007	238,25		140,00	1,53	0,34
16	59	17	12	2007	238,29		230,00	1,96	0,34
18	24	17	12	2007	238,31		315,00	2,29	0,34
21	16	17	12	2007	238,34		487,00	2,85	0,34
1	14	18	12	2007	238,41		725,00	3,48	0,35
14	42	18	12	2007	238,52		1533,00	5,05	0,36
20	45	18	12	2007	238,56		1896,00	5,62	0,36
13	27	19	12	2007	238,67		2898,00	6,95	0,37
19	49	19	12	2007	238,70		3280,00	7,39	0,37
15	44	20	12	2007	238,77		4475,00	8,64	0,37
15	29	21	12	2007	238,86		5900,00	9,92	0,38
18	47	22	12	2007	238,88		7538,00	11,21	0,38
18	26	24	12	2007	238,95		10397,00	13,16	0,38

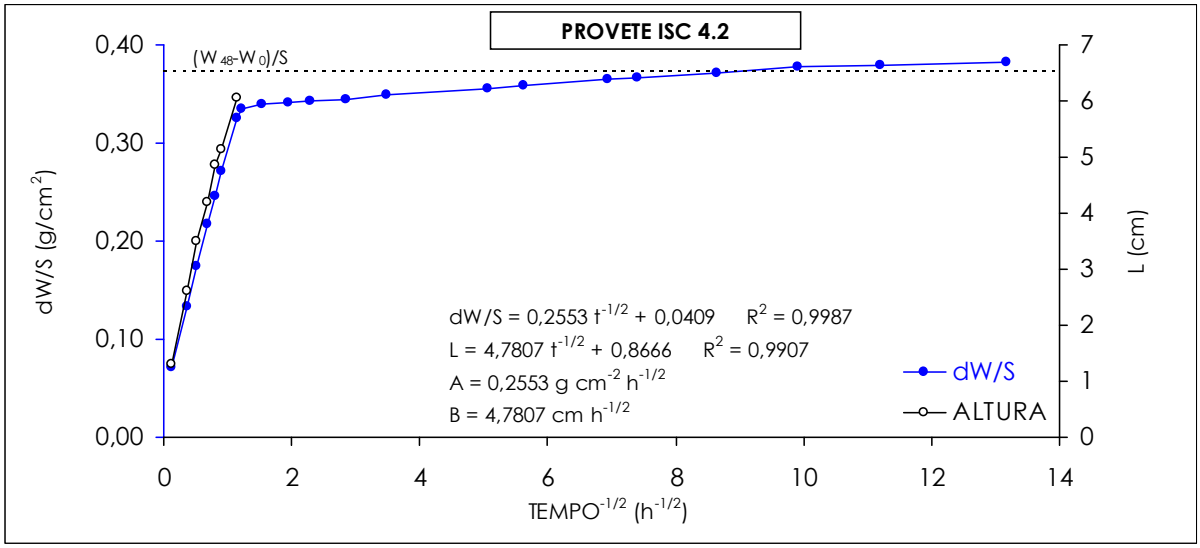
PESO - 232,83 g

SECÇÃO (cm²) - 15,975

ALTURA - 6,06 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 6,17

N_{48}	
0	0,37
14	0,37



PROVETE ISC 4.3									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
13	9	17	12	2007	218,43	0,20	0,00	0,00	0,00
13	11	17	12	2007	219,68	1,50	2,00	0,18	0,08
13	18	17	12	2007	220,73	2,80	9,00	0,39	0,14
13	25	17	12	2007	221,40	3,55	16,00	0,52	0,19
13	37	17	12	2007	222,20	4,30	28,00	0,68	0,24
13	47	17	12	2007	222,74	4,95	38,00	0,80	0,27
13	58	17	12	2007	223,21	5,25	49,00	0,90	0,30
14	8	17	12	2007	223,55	5,72	59,00	0,99	0,32
14	40	17	12	2007	223,73		91,00	1,23	0,33
15	30	17	12	2007	223,75		141,00	1,53	0,33
16	59	17	12	2007	223,80		230,00	1,96	0,34
18	24	17	12	2007	223,82		315,00	2,29	0,34
21	17	17	12	2007	223,86		488,00	2,85	0,34
1	15	18	12	2007	223,92		726,00	3,48	0,34
14	42	18	12	2007	224,04		1533,00	5,05	0,35
20	46	18	12	2007	224,05		1897,00	5,62	0,35
13	28	19	12	2007	224,17		2899,00	6,95	0,36
19	49	19	12	2007	224,20		3280,00	7,39	0,36
15	44	20	12	2007	224,27		4475,00	8,64	0,37
15	29	21	12	2007	224,37		5900,00	9,92	0,37
18	48	22	12	2007	224,38		7539,00	11,21	0,37
18	26	24	12	2007	224,46		10397,00	13,16	0,38

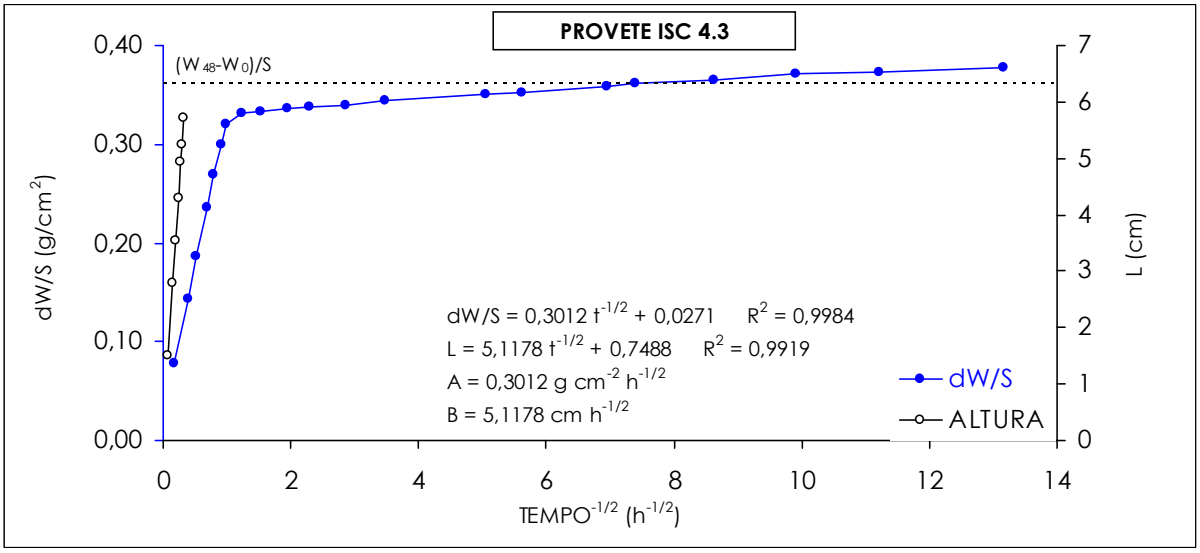
PESO - 218,43 g

SECÇÃO (cm²) - 15,975

ALTURA - 5,72 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 6,34

N_{48}	
0	0,36
14	0,36



PROVETE ISC 4.4									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
13	9	17	12	2007	215,87	0,20	0,00	0,00	0,00
13	11	17	12	2007	217,30	1,60	2,00	0,18	0,09
13	18	17	12	2007	218,42	2,90	9,00	0,39	0,16
13	25	17	12	2007	219,13	3,80	16,00	0,52	0,20
13	37	17	12	2007	219,98	4,40	28,00	0,68	0,26
13	47	17	12	2007	220,55	5,10	38,00	0,80	0,29
13	59	17	12	2007	221,05	5,74	50,00	0,91	0,33
14	12	17	12	2007	221,24		63,00	1,02	0,34
14	40	17	12	2007	221,32		91,00	1,23	0,34
15	30	17	12	2007	221,32		141,00	1,53	0,34
17	0	17	12	2007	221,36		231,00	1,96	0,35
18	25	17	12	2007	221,38		316,00	2,29	0,35
21	17	17	12	2007	221,43		488,00	2,85	0,35
1	15	18	12	2007	221,48		726,00	3,48	0,35
14	42	18	12	2007	221,61		1533,00	5,05	0,36
20	46	18	12	2007	221,64		1897,00	5,62	0,36
13	28	19	12	2007	221,76		2899,00	6,95	0,37
19	49	19	12	2007	221,80		3280,00	7,39	0,37
15	44	20	12	2007	221,87		4475,00	8,64	0,38
15	30	21	12	2007	221,97		5901,00	9,92	0,38
18	48	22	12	2007	221,97		7539,00	11,21	0,38
18	27	24	12	2007	222,04		10398,00	13,16	0,39

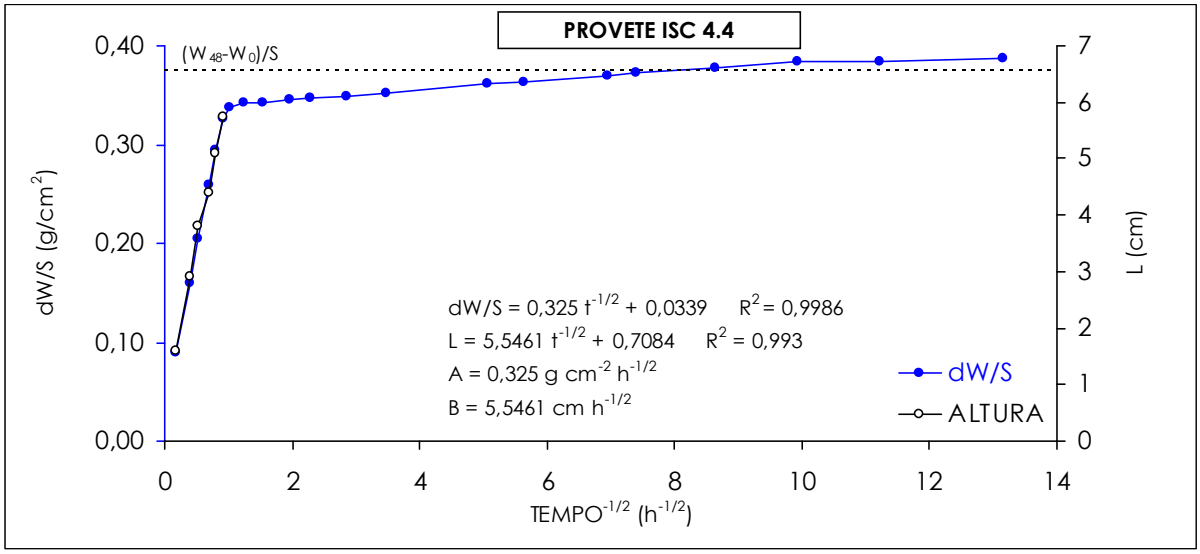
PESO - 215,87 g

SECÇÃO (cm²) - 15,904

ALTURA - 5,74 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 6,52

N_{48}	
0	0,37
14	0,37



PROVETE ISC 4.5									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
13	10	17	12	2007	228,54	0,20	0,00	0,00	0,00
13	11	17	12	2007	229,88	1,50	1,00	0,13	0,08
13	18	17	12	2007	230,90	2,65	8,00	0,37	0,15
13	26	17	12	2007	231,61	3,35	16,00	0,52	0,19
13	38	17	12	2007	232,43	4,25	28,00	0,68	0,24
13	48	17	12	2007	232,97	4,80	38,00	0,80	0,28
13	58	17	12	2007	233,44	5,15	48,00	0,89	0,31
14	18	17	12	2007	234,13	6,06	68,00	1,06	0,35
14	40	17	12	2007	234,49		90,00	1,22	0,37
15	30	17	12	2007	234,53		140,00	1,53	0,38
17	0	17	12	2007	234,58		230,00	1,96	0,38
18	25	17	12	2007	234,58		315,00	2,29	0,38
21	18	17	12	2007	234,63		488,00	2,85	0,38
1	16	18	12	2007	234,68		726,00	3,48	0,39
14	43	18	12	2007	234,81		1533,00	5,05	0,39
20	47	18	12	2007	234,83		1897,00	5,62	0,40
13	28	19	12	2007	234,96		2898,00	6,95	0,40
19	50	19	12	2007	235,01		3280,00	7,39	0,41
15	45	20	12	2007	235,11		4475,00	8,64	0,41
15	30	21	12	2007	235,21		5900,00	9,92	0,42
18	49	22	12	2007	235,22		7539,00	11,21	0,42
18	27	24	12	2007	235,30		10397,00	13,16	0,43

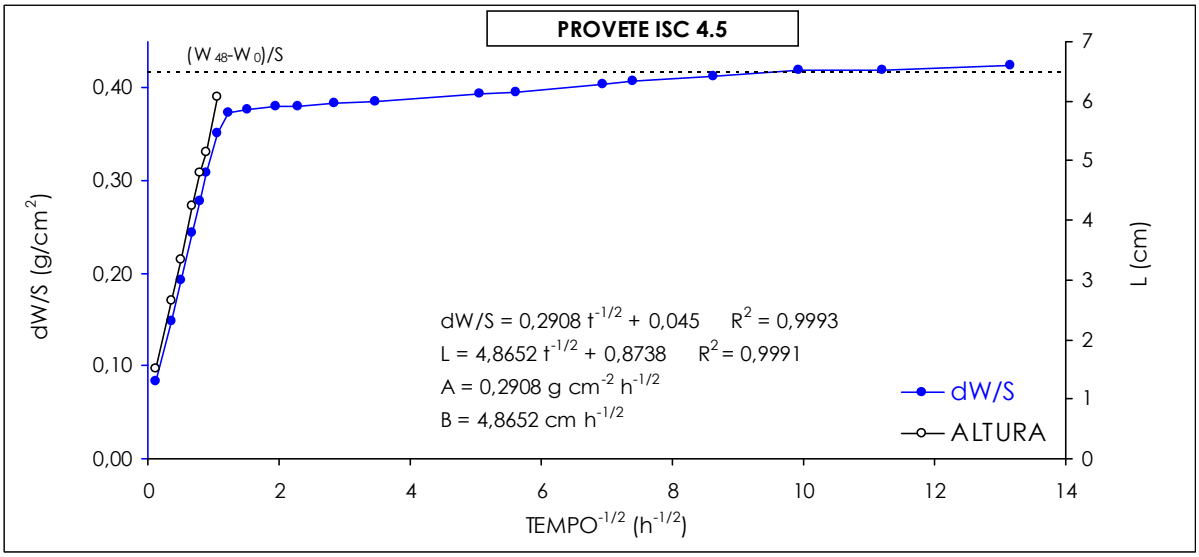
PESO - 228,54 g

SECÇÃO (cm^2) - 15,904

ALTURA - 6,06 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 6,87

N_{48}	
0	0,42
14	0,42



PROVETE ISC 5.1									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
13	10	17	12	2007	241,46	0,20	0,00	0,00	0,00
13	12	17	12	2007	241,76	0,90	2,00	0,18	0,02
13	19	17	12	2007	242,02	1,50	9,00	0,39	0,03
13	26	17	12	2007	242,20	1,90	16,00	0,52	0,05
13	48	17	12	2007	242,51	2,75	38,00	0,80	0,07
14	18	17	12	2007	242,79	3,55	68,00	1,06	0,08
14	41	17	12	2007	242,97	4,05	91,00	1,23	0,09
15	31	17	12	2007	243,33	4,95	141,00	1,53	0,12
17	0	17	12	2007		5,94	230,00	1,96	
18	26	17	12	2007	243,82		316,00	2,29	0,15
21	18	17	12	2007	243,85		488,00	2,85	0,15
1	16	18	12	2007	243,86		726,00	3,48	0,15
14	44	18	12	2007	243,90		1534,00	5,06	0,15
20	47	18	12	2007	243,91		1897,00	5,62	0,15
13	29	19	12	2007	243,95		2899,00	6,95	0,15
19	50	19	12	2007	243,95		3280,00	7,39	0,15
15	45	20	12	2007	243,97		4475,00	8,64	0,16
15	30	21	12	2007	244,03		5900,00	9,92	0,16
18	49	22	12	2007	244,03		7539,00	11,21	0,16
18	28	24	12	2007	244,09		10398,00	13,16	0,16

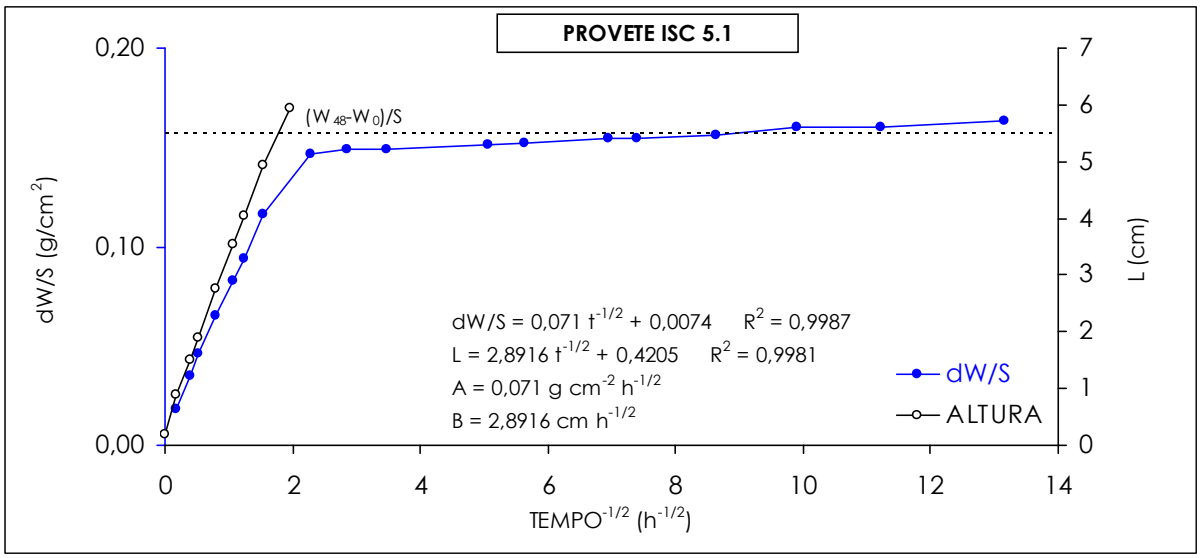
PESO - 228,54 g

SECÇÃO (cm²) - 16,082

ALTURA - 5,94 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,65

N_{48}	
0	0,16
14	0,16



PROVETE ISC 5.2									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	PESO	ALTURA	TEMPO (min)	HORA$^{-1/2}$	dW/S
13	10	17	12	2007	244,75	0,20	0,00	0,00	0,00
13	12	17	12	2007	245,09	0,90	2,00	0,18	0,02
13	19	17	12	2007	245,34	1,55	9,00	0,39	0,04
13	26	17	12	2007	245,51	1,90	16,00	0,52	0,05
13	49	17	12	2007	245,82	2,80	39,00	0,81	0,07
14	19	17	12	2007	246,13	3,60	69,00	1,07	0,09
14	41	17	12	2007	246,31	4,10	91,00	1,23	0,10
15	32	17	12	2007	246,66	5,30	142,00	1,54	0,12
16	24	17	12	2007	246,94	5,98	194,00	1,80	0,14
17	1	17	12	2007	247,04		231,00	1,96	0,14
18	26	17	12	2007	247,05		316,00	2,29	0,14
21	19	17	12	2007	247,06		489,00	2,85	0,14
1	16	18	12	2007	247,06		726,00	3,48	0,14
14	44	18	12	2007	247,08		1534,00	5,06	0,15
20	48	18	12	2007	247,09		1898,00	5,62	0,15
13	29	19	12	2007	247,13		2899,00	6,95	0,15
19	51	19	12	2007	247,13		3281,00	7,39	0,15
15	46	20	12	2007	247,17		4476,00	8,64	0,15
15	31	21	12	2007	247,24		5901,00	9,92	0,16
18	50	22	12	2007	247,24		7540,00	11,21	0,16
18	28	24	12	2007	247,32		10398,00	13,16	0,16

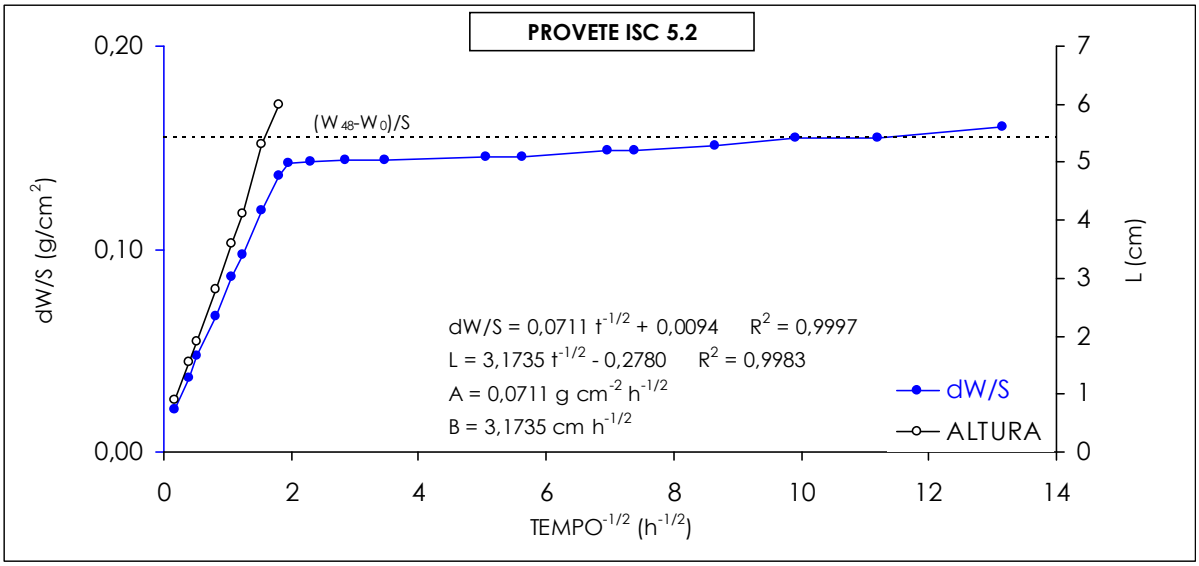
PESO - 244,75 g

SECÇÃO (cm²) - 16,046

ALTURA - 5,98 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,58

N_{48}	
0	0,15
14	0,15



PROVETE ISC 5.3									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	54	17	12	2007	235,77	0,20	0,00	0,00	0,00
12	56	17	12	2007	236,11	0,95	2,00	0,18	0,02
13	7	17	12	2007	236,45	1,85	13,00	0,47	0,04
13	23	17	12	2007	236,76	2,45	29,00	0,70	0,06
13	40	17	12	2007	236,98	3,10	46,00	0,88	0,08
14	12	17	12	2007	237,30	4,15	78,00	1,14	0,10
14	34	17	12	2007	237,47	4,60	100,00	1,29	0,11
15	33	17	12	2007	237,87	5,82	159,00	1,63	0,13
15	58	17	12	2007	237,97		184,00	1,75	0,14
17	2	17	12	2007	238,05		248,00	2,03	0,14
18	27	17	12	2007	238,05		333,00	2,36	0,14
21	20	17	12	2007	238,08		506,00	2,90	0,14
1	17	18	12	2007	238,08		743,00	3,52	0,14
14	45	18	12	2007	238,10		1551,00	5,08	0,15
20	48	18	12	2007	238,10		1914,00	5,65	0,15
13	30	19	12	2007	238,13		2916,00	6,97	0,15
19	51	19	12	2007	238,15		3297,00	7,41	0,15
15	46	20	12	2007	238,17		4492,00	8,65	0,15
15	31	21	12	2007	238,22		5917,00	9,93	0,15
18	51	22	12	2007	238,22		7557,00	11,22	0,15
18	29	24	12	2007	238,26		10415,00	13,18	0,16

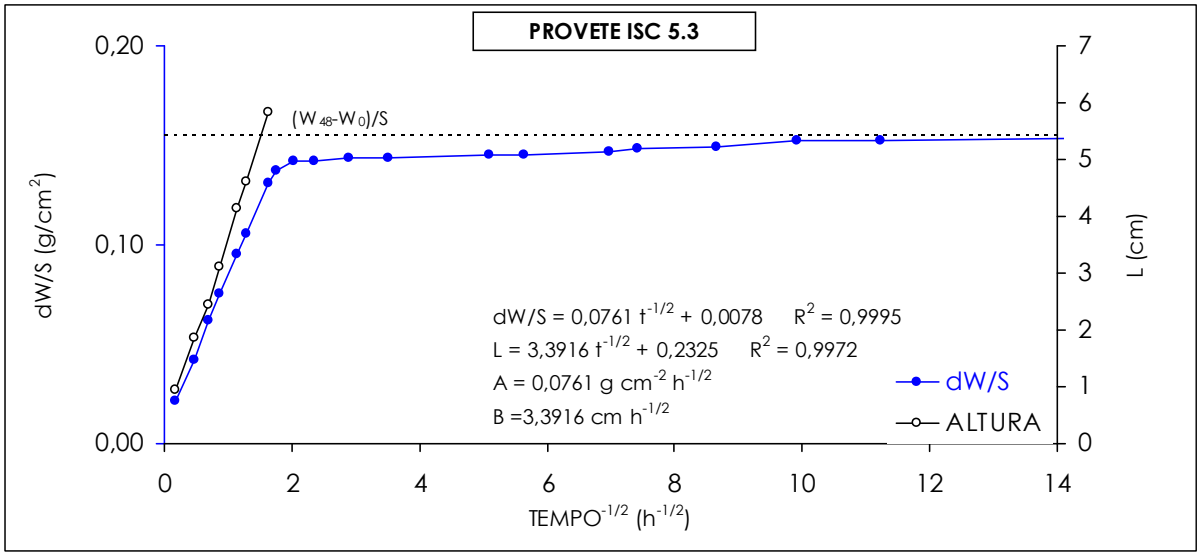
PESO - 235,77 g

SECÇÃO (cm²) - 16,046

ALTURA - 5,82 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,66

N_{48}	
0	0,15
14	0,15



PROVETE ISC 6.1									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	55	17	12	2007	234,64	0,20	0,00	0,00	0,00
12	57	17	12	2007	234,98	1,00	2,00	0,18	0,02
13	7	17	12	2007	235,30	1,85	12,00	0,45	0,04
13	23	17	12	2007	235,59	2,50	28,00	0,68	0,06
13	40	17	12	2007	235,80	3,05	45,00	0,87	0,07
14	13	17	12	2007	236,09	3,95	78,00	1,14	0,09
14	35	17	12	2007	236,27	4,40	100,00	1,29	0,10
15	33	17	12	2007	236,66	5,35	158,00	1,62	0,13
15	58	17	12	2007	236,78	5,50	183,00	1,75	0,13
17	2	17	12	2007	236,91	5,71	247,00	2,03	0,14
18	27	17	12	2007	236,92		332,00	2,35	0,14
21	20	17	12	2007	236,94		505,00	2,90	0,14
1	17	18	12	2007	236,94		742,00	3,52	0,14
14	45	18	12	2007	236,96		1550,00	5,08	0,14
20	49	18	12	2007	236,96		1914,00	5,65	0,14
13	30	19	12	2007	237,00		2915,00	6,97	0,15
19	52	19	12	2007	237,02		3297,00	7,41	0,15
15	47	20	12	2007	237,04		4492,00	8,65	0,15
15	31	21	12	2007	237,07		5916,00	9,93	0,15
18	51	22	12	2007	237,07		7556,00	11,22	0,15
18	29	24	12	2007	237,11		10414,00	13,17	0,15

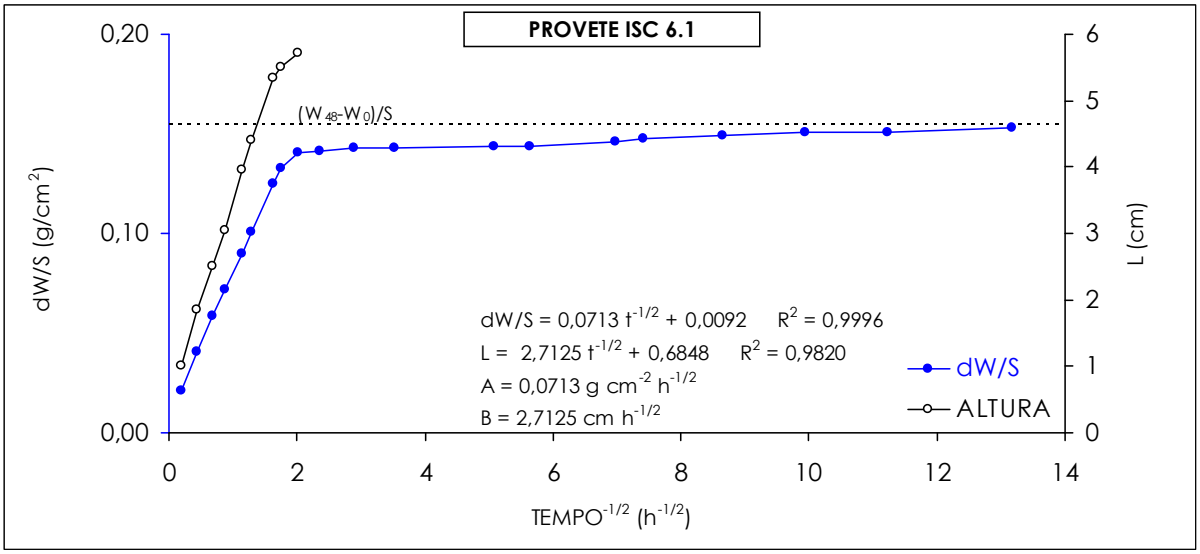
PESO - 234,64 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,71 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,71

N_{48}	
0	0,15
14	0,15



PROVETE ISC 6.2									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	55	17	12	2007	243,19	0,20	0,00	0,00	0,00
12	57	17	12	2007	243,56	1,00	2,00	0,18	0,02
13	7	17	12	2007	243,86	1,70	12,00	0,45	0,04
13	24	17	12	2007	244,14	2,40	29,00	0,70	0,06
13	41	17	12	2007	244,34	2,95	46,00	0,88	0,07
14	13	17	12	2007	244,64	3,95	78,00	1,14	0,09
14	35	17	12	2007	244,79	4,35	100,00	1,29	0,10
15	34	17	12	2007	245,21	5,25	159,00	1,63	0,13
15	59	17	12	2007	245,33	5,94	184,00	1,75	0,13
16	25	17	12	2007	245,44		210,00	1,87	0,14
17	3	17	12	2007	245,55		248,00	2,03	0,15
18	28	17	12	2007	245,55		333,00	2,36	0,15
21	20	17	12	2007	245,56		505,00	2,90	0,15
1	18	18	12	2007	245,58		743,00	3,52	0,15
14	46	18	12	2007	245,60		1551,00	5,08	0,15
20	49	18	12	2007	245,60		1914,00	5,65	0,15
13	30	19	12	2007	245,63		2915,00	6,97	0,15
19	52	19	12	2007	245,65		3297,00	7,41	0,15
15	47	20	12	2007	245,67		4492,00	8,65	0,15
15	32	21	12	2007	245,71		5917,00	9,93	0,16
18	52	22	12	2007	245,71		7557,00	11,22	0,16
18	30	24	12	2007	245,75		10415,00	13,18	0,16

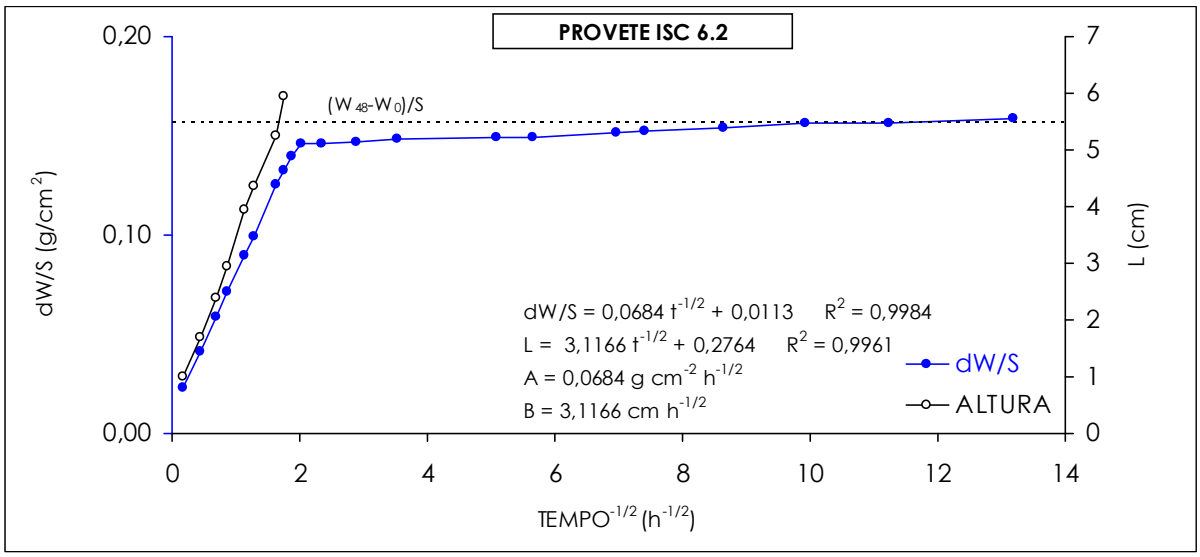
PESO - 234,64 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,94 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,63

N_{48}	
0	0,16
14	0,16



PROVETE ISC 6.3									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	55	17	12	2007	237,18	0,20	0,00	0,00	0,00
12	57	17	12	2007	237,56	1,05	2,00	0,18	0,02
13	8	17	12	2007	237,92	1,80	13,00	0,47	0,05
13	24	17	12	2007	238,22	2,60	29,00	0,70	0,06
13	41	17	12	2007	238,45	3,10	46,00	0,88	0,08
14	14	17	12	2007	238,78	4,05	79,00	1,15	0,10
14	36	17	12	2007	238,94	4,60	101,00	1,30	0,11
15	35	17	12	2007	239,37	5,78	160,00	1,63	0,14
16	0	17	12	2007	239,48		185,00	1,76	0,14
17	3	17	12	2007	239,55		248,00	2,03	0,15
18	28	17	12	2007	239,55		333,00	2,36	0,15
21	21	17	12	2007	239,55		506,00	2,90	0,15
1	18	18	12	2007	239,58		743,00	3,52	0,15
14	46	18	12	2007	239,58		1551,00	5,08	0,15
20	50	18	12	2007	239,59		1915,00	5,65	0,15
13	31	19	12	2007	239,62		2916,00	6,97	0,15
19	53	19	12	2007	239,62		3298,00	7,41	0,15
15	47	20	12	2007	239,65		4492,00	8,65	0,15
15	32	21	12	2007	239,70		5917,00	9,93	0,16
18	52	22	12	2007	239,70		7557,00	11,22	0,16
18	30	24	12	2007	239,75		10415,00	13,18	0,16

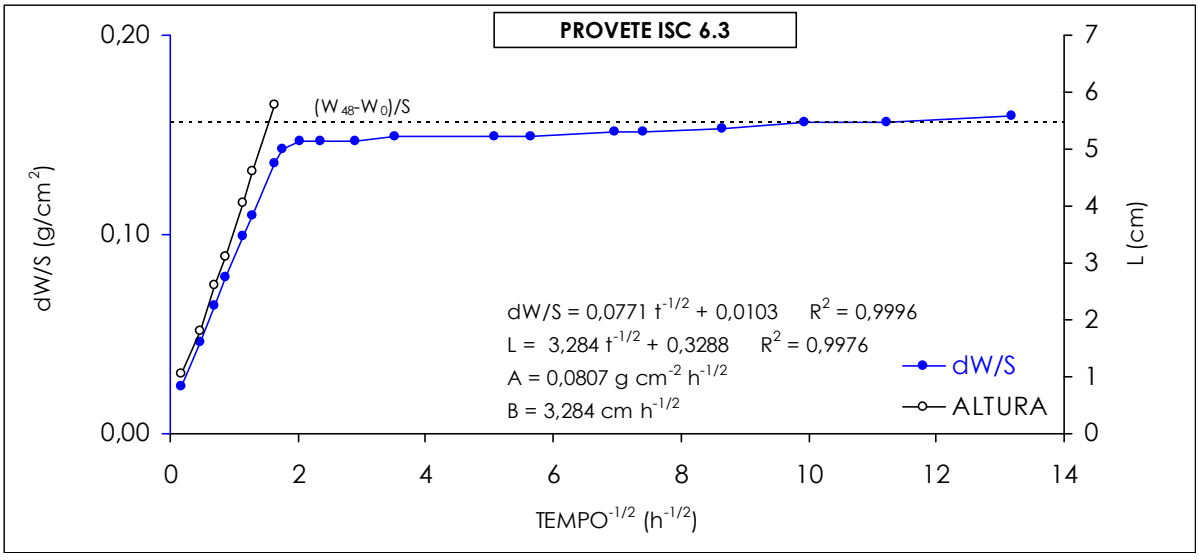
PESO - 237,18 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,78 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,71

N_{48}	
0	0,16
14	0,16



PROVETE ISC 6.4									
Hora	**Minuto**	**Dia**	**Mês**	**Ano**	**PESO**	**ALTURA**	**TEMPO (min)**	**HORA$^{-1/2}$**	**dW/S**
12	55	17	12	2007	241,80	0,20	0,00	0,00	0,00
12	58	17	12	2007	242,19	1,00	3,00	0,22	0,02
13	8	17	12	2007	242,54	1,75	13,00	0,47	0,05
13	24	17	12	2007	242,86	2,55	29,00	0,70	0,07
13	41	17	12	2007	243,07	3,05	46,00	0,88	0,08
14	14	17	12	2007	243,42	4,05	79,00	1,15	0,10
14	36	17	12	2007	243,60	4,75	101,00	1,30	0,11
15	36	17	12	2007	244,03	4,97	161,00	1,64	0,14
16	0	17	12	2007	244,16	5,93	185,00	1,76	0,15
17	4	17	12	2007	244,24		249,00	2,04	0,15
18	28	17	12	2007	244,25		333,00	2,36	0,15
21	21	17	12	2007	244,26		506,00	2,90	0,15
1	19	18	12	2007	244,29		744,00	3,52	0,15
14	47	18	12	2007	244,30		1552,00	5,09	0,16
20	50	18	12	2007	244,30		1915,00	5,65	0,16
13	31	19	12	2007	244,34		2916,00	6,97	0,16
19	53	19	12	2007	244,34		3298,00	7,41	0,16
15	48	20	12	2007	244,38		4493,00	8,65	0,16
15	33	21	12	2007	244,43		5918,00	9,93	0,16
18	53	22	12	2007	244,43		7558,00	11,22	0,16
18	31	24	12	2007	244,47		10416,00	13,18	0,17

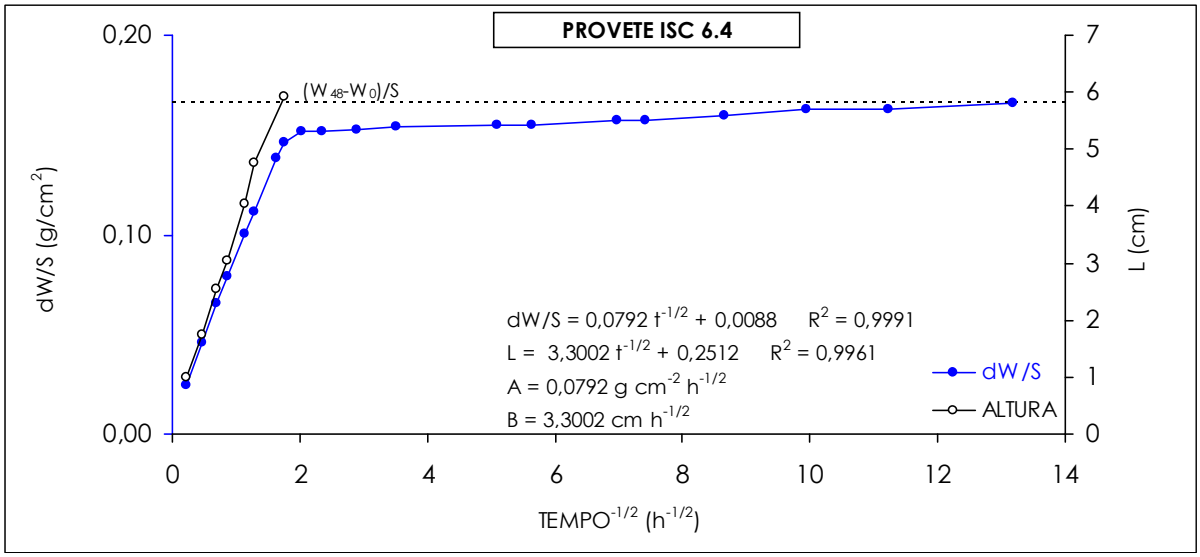
PESO - 241,80 g

SECÇÃO (cm²) - 16,117

ALTURA - 5,93 cm

POROSIDADE LIVRE (%) - 2,80

N_{48}	
0	0,17
14	0,17

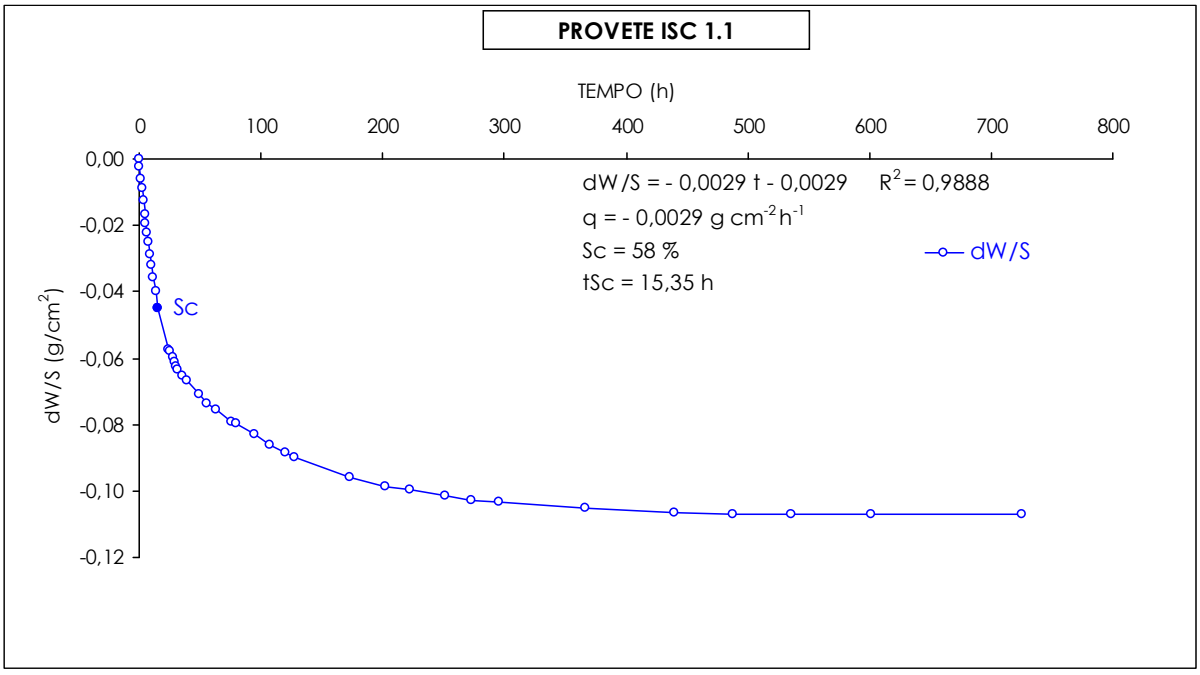


ANEXO A2

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE EVAPORAÇÃO

PROVETE 1.1								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
10	57	8	11	2007	250,07	0	0,00	0,0000
11	15	8	11	2007	250,03	18	0,30	-0,0025
11	47	8	11	2007	249,97	50	0,83	-0,0062
13	12	8	11	2007	249,93	135	2,25	-0,0087
14	16	8	11	2007	249,87	199	3,32	-0,0125
15	40	8	11	2007	249,80	283	4,72	-0,0168
16	18	8	11	2007	249,76	321	5,35	-0,0193
17	14	8	11	2007	249,71	377	6,28	-0,0224
18	18	8	11	2007	249,67	441	7,35	-0,0249
19	19	8	11	2007	249,61	502	8,37	-0,0287
20	28	8	11	2007	249,56	571	9,52	-0,0318
22	28	8	11	2007	249,50	691	11,52	-0,0355
0	26	9	11	2007	249,43	809	13,48	-0,0399
2	19	9	11	2007	249,35	922	15,37	-0,0449
11	1	9	11	2007	249,15	1444	24,07	-0,0573
12	33	9	11	2007	249,14	1536	25,60	-0,0580
14	20	9	11	2007	249,11	1643	27,38	-0,0598
15	33	9	11	2007	249,09	1716	28,60	-0,0611
17	27	9	11	2007	249,07	1830	30,50	-0,0623
19	3	9	11	2007	249,05	1926	32,10	-0,0636
22	19	9	11	2007	249,02	2122	35,37	-0,0654
1	39	10	11	2007	249,00	2322	38,70	-0,0667
12	25	10	11	2007	248,93	2968	49,47	-0,0710
18	54	10	11	2007	248,89	3357	55,95	-0,0735
2	27	11	11	2007	248,86	3810	63,50	-0,0754
14	22	11	11	2007	248,80	4525	75,42	-0,0791
18	4	11	11	2007	248,79	4747	79,12	-0,0798
9	52	12	11	2007	248,74	5695	94,92	-0,0829
22	55	12	11	2007	248,69	6478	107,97	-0,0860
10	41	13	11	2007	248,65	7184	119,73	-0,0885
18	59	13	11	2007	248,63	7682	128,03	-0,0897
16	22	15	11	2007	248,53	10405	173,42	-0,0960
21	29	16	11	2007	248,49	12152	202,53	-0,0985
17	30	17	11	2007	248,47	13353	222,55	-0,0997
22	37	18	11	2007	248,44	15100	251,67	-0,1016
20	22	19	11	2007	248,42	16405	273,42	-0,1028
19	9	20	11	2007	248,41	17772	296,20	-0,1035
18	3	23	11	2007	248,38	22026	367,10	-0,1053
18	17	26	11	2007	248,36	26360	439,33	-0,1066
18	22	28	11	2007	248,35	29245	487,42	-0,1072
18	53	30	11	2007	248,35	32156	535,93	-0,1072
13	0	33	11	2007	248,35	36123	602,05	-0,1072
16	17	38	11	2007	248,35	43520	725,33	-0,1072

PESO - 247,20 g
SECÇÃO (cm^2)- 16,046
ALTURA - 6,02 cm
SATURAÇÃO CRITICA (%) - 58



PROVETE 1.2								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
10	58	8	11	2007	244,80	0	0,00	0,0000
11	15	8	11	2007	244,75	17	0,28	-0,0031
11	47	8	11	2007	244,70	49	0,82	-0,0062
13	13	8	11	2007	244,64	135	2,25	-0,0100
14	16	8	11	2007	244,57	198	3,30	-0,0143
15	40	8	11	2007	244,51	282	4,70	-0,0181
16	18	8	11	2007	244,46	320	5,33	-0,0212
17	14	8	11	2007	244,41	376	6,27	-0,0243
18	18	8	11	2007	244,36	440	7,33	-0,0274
19	19	8	11	2007	244,31	501	8,35	-0,0305
20	29	8	11	2007	244,25	571	9,52	-0,0343
22	29	8	11	2007	244,18	691	11,52	-0,0386
0	27	9	11	2007	244,10	809	13,48	-0,0436
2	19	9	11	2007	244,01	921	15,35	-0,0492
11	1	9	11	2007	243,77	1443	24,05	-0,0642
12	33	9	11	2007	243,74	1535	25,58	-0,0661
14	21	9	11	2007	243,71	1643	27,38	-0,0679
15	33	9	11	2007	243,70	1715	28,58	-0,0686
17	28	9	11	2007	243,66	1830	30,50	-0,0710
19	3	9	11	2007	243,64	1925	32,08	-0,0723
22	20	9	11	2007	243,60	2122	35,37	-0,0748
1	39	10	11	2007	243,58	2321	38,68	-0,0760
12	25	10	11	2007	243,52	2967	49,45	-0,0798
18	55	10	11	2007	243,47	3357	55,95	-0,0829
2	28	11	11	2007	243,44	3810	63,50	-0,0848
14	23	11	11	2007	243,37	4525	75,42	-0,0891
18	5	11	11	2007	243,36	4747	79,12	-0,0897
9	52	12	11	2007	243,31	5694	94,90	-0,0929
22	56	12	11	2007	243,28	6478	107,97	-0,0947
10	41	13	11	2007	243,24	7183	119,72	-0,0972
18	59	13	11	2007	243,22	7681	128,02	-0,0985
15	14	14	11	2007	243,18	8896	148,27	-0,1010
16	22	15	11	2007	243,12	10404	173,40	-0,1047
21	30	16	11	2007	243,09	12152	202,53	-0,1066
17	31	17	11	2007	243,05	13353	222,55	-0,1091
22	37	18	11	2007	243,03	15099	251,65	-0,1103
20	23	19	11	2007	243,01	16405	273,42	-0,1116
19	10	20	11	2007	243,00	17772	296,20	-0,1122
18	3	23	11	2007	242,97	22025	367,08	-0,1140
18	17	26	11	2007	242,95	26359	439,32	-0,1153
18	23	28	11	2007	242,95	29245	487,42	-0,1153
18	54	30	11	2007	242,95	32156	535,93	-0,1153
13	1	33	11	2007	242,94	36123	602,05	-0,1159

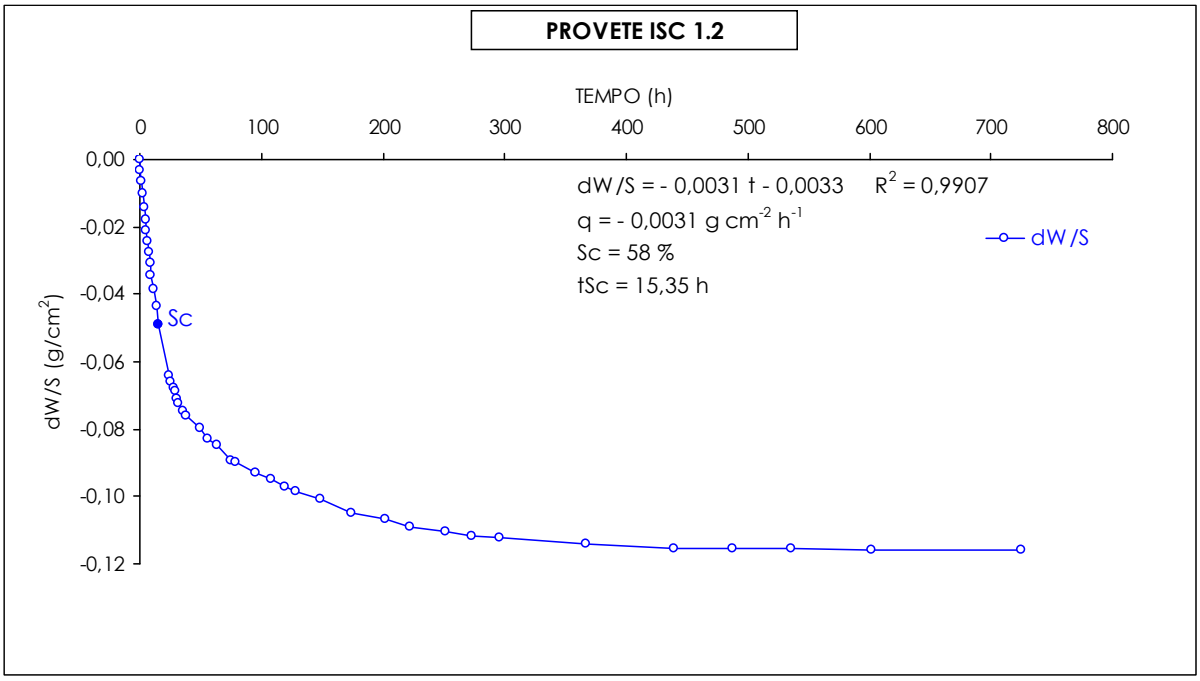
16	17	38	11	2007	242,94	43519	725,32	-0,1159

PESO - 250,07 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,046

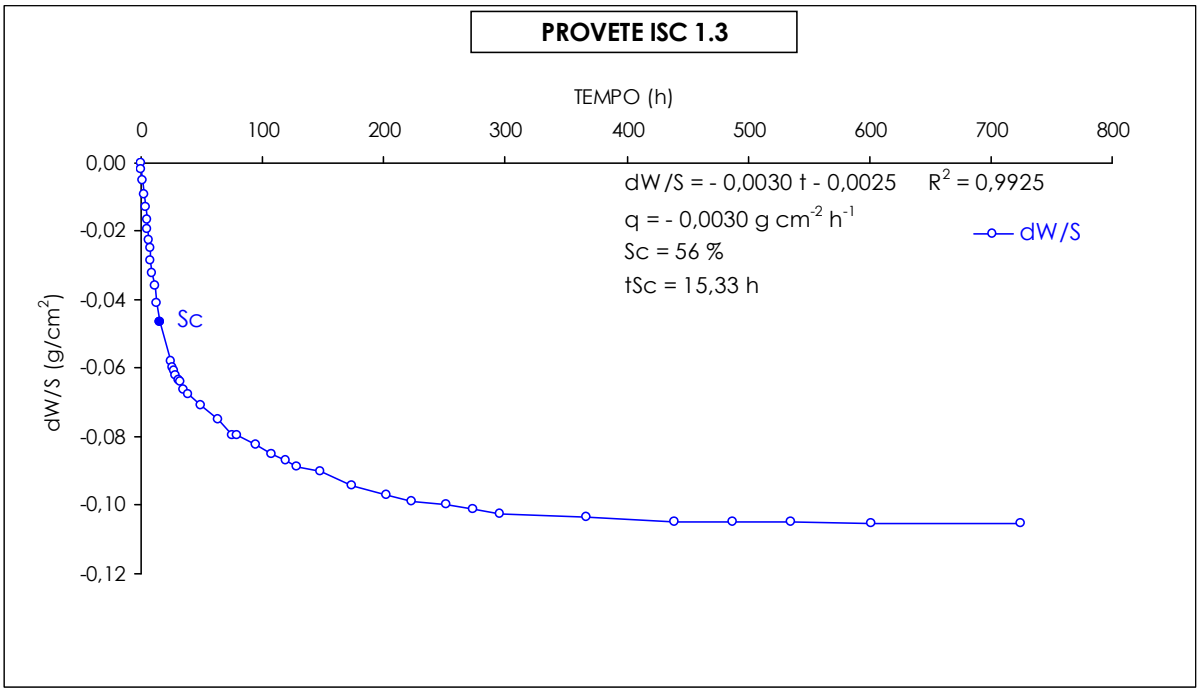
ALTURA - 5,96 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 58



PROVETE 1.3								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
10	59	8	11	2007	237,81	0	0,00	0,0000
11	15	8	11	2007	237,78	16	0,27	-0,0019
11	47	8	11	2007	237,73	48	0,80	-0,0050
13	13	8	11	2007	237,66	134	2,23	-0,0093
14	17	8	11	2007	237,60	198	3,30	-0,0130
15	41	8	11	2007	237,54	282	4,70	-0,0168
16	18	8	11	2007	237,50	319	5,32	-0,0192
17	15	8	11	2007	237,45	376	6,27	-0,0223
18	19	8	11	2007	237,41	440	7,33	-0,0248
19	20	8	11	2007	237,35	501	8,35	-0,0285
20	29	8	11	2007	237,29	570	9,50	-0,0323
22	29	8	11	2007	237,23	690	11,50	-0,0360
0	27	9	11	2007	237,15	808	13,47	-0,0410
2	19	9	11	2007	237,06	920	15,33	-0,0465
11	2	9	11	2007	236,88	1443	24,05	-0,0577
12	34	9	11	2007	236,85	1535	25,58	-0,0596
14	21	9	11	2007	236,83	1642	27,37	-0,0608
15	34	9	11	2007	236,81	1715	28,58	-0,0620
17	29	9	11	2007	236,79	1830	30,50	-0,0633
19	4	9	11	2007	236,78	1925	32,08	-0,0639
22	21	9	11	2007	236,74	2122	35,37	-0,0664
1	39	10	11	2007	236,72	2320	38,67	-0,0676
12	26	10	11	2007	236,67	2967	49,45	-0,0707
2	28	11	11	2007	236,60	3809	63,48	-0,0751
14	23	11	11	2007	236,53	4524	75,40	-0,0794
18	5	11	11	2007	236,53	4746	79,10	-0,0794
9	52	12	11	2007	236,48	5693	94,88	-0,0825
22	56	12	11	2007	236,44	6477	107,95	-0,0850
10	41	13	11	2007	236,41	7182	119,70	-0,0869
19	0	13	11	2007	236,38	7681	128,02	-0,0887
15	15	14	11	2007	236,36	8896	148,27	-0,0900
16	23	15	11	2007	236,29	10404	173,40	-0,0943
21	30	16	11	2007	236,25	12151	202,52	-0,0968
17	32	17	11	2007	236,22	13353	222,55	-0,0987
22	38	18	11	2007	236,20	15099	251,65	-0,0999
20	23	19	11	2007	236,18	16404	273,40	-0,1011
19	10	20	11	2007	236,16	17771	296,18	-0,1024
18	4	23	11	2007	236,14	22025	367,08	-0,1036
18	18	26	11	2007	236,12	26359	439,32	-0,1049
18	23	28	11	2007	236,12	29244	487,40	-0,1049
18	54	30	11	2007	236,12	32155	535,92	-0,1049
13	1	33	11	2007	236,11	36122	602,03	-0,1055
16	18	38	11	2007	236,11	43519	725,32	-0,1055

PESO - 237,81 g
SECÇÃO (cm^2) - 16,117
ALTURA - 5,73 cm
SATURAÇÃO CRITICA (%) - 56



PROVETE 1.4								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	0	8	11	2007	248,02	0	0,00	0,0000
11	16	8	11	2007	247,98	16	0,27	-0,0025
11	48	8	11	2007	247,93	48	0,80	-0,0056
13	14	8	11	2007	247,86	134	2,23	-0,0100
14	17	8	11	2007	247,78	197	3,28	-0,0150
15	41	8	11	2007	247,70	281	4,68	-0,0200
16	19	8	11	2007	247,66	319	5,32	-0,0225
17	15	8	11	2007	247,59	375	6,25	-0,0269
18	19	8	11	2007	247,53	439	7,32	-0,0307
19	20	8	11	2007	247,46	500	8,33	-0,0351
20	29	8	11	2007	247,39	569	9,48	-0,0394
22	30	8	11	2007	247,31	690	11,50	-0,0444
0	28	9	11	2007	247,22	808	13,47	-0,0501
2	20	9	11	2007	247,13	920	15,33	-0,0557
11	2	9	11	2007	246,99	1442	24,03	-0,0645
12	34	9	11	2007	246,96	1534	25,57	-0,0664
14	22	9	11	2007	246,95	1642	27,37	-0,0670
15	34	9	11	2007	246,91	1714	28,57	-0,0695
17	30	9	11	2007	246,90	1830	30,50	-0,0701
19	5	9	11	2007	246,89	1925	32,08	-0,0707
22	22	9	11	2007	246,86	2122	35,37	-0,0726
1	40	10	11	2007	246,85	2320	38,67	-0,0732
12	26	10	11	2007	246,79	2966	49,43	-0,0770
18	56	10	11	2007	246,76	3356	55,93	-0,0789
2	29	11	11	2007	246,73	3809	63,48	-0,0808
14	24	11	11	2007	246,67	4524	75,40	-0,0845
18	6	11	11	2007	246,66	4746	79,10	-0,0851
9	53	12	11	2007	246,62	5693	94,88	-0,0876
22	56	12	11	2007	246,57	6476	107,93	-0,0908
10	42	13	11	2007	246,55	7182	119,70	-0,0920
19	0	13	11	2007	246,54	7680	128,00	-0,0926
15	15	14	11	2007	246,51	8895	148,25	-0,0945
16	23	15	11	2007	246,45	10403	173,38	-0,0983
21	30	16	11	2007	246,40	12150	202,50	-0,1014
17	32	17	11	2007	246,38	13352	222,53	-0,1027
22	38	18	11	2007	246,35	15098	251,63	-0,1045
20	24	19	11	2007	246,34	16404	273,40	-0,1052
19	11	20	11	2007	246,32	17771	296,18	-0,1064
18	4	23	11	2007	246,28	22024	367,07	-0,1089
18	18	26	11	2007	246,26	26358	439,30	-0,1102
18	23	28	11	2007	246,26	29243	487,38	-0,1102
18	55	30	11	2007	246,25	32155	535,92	-0,1108
13	2	33	11	2007	246,24	36122	602,03	-0,1114

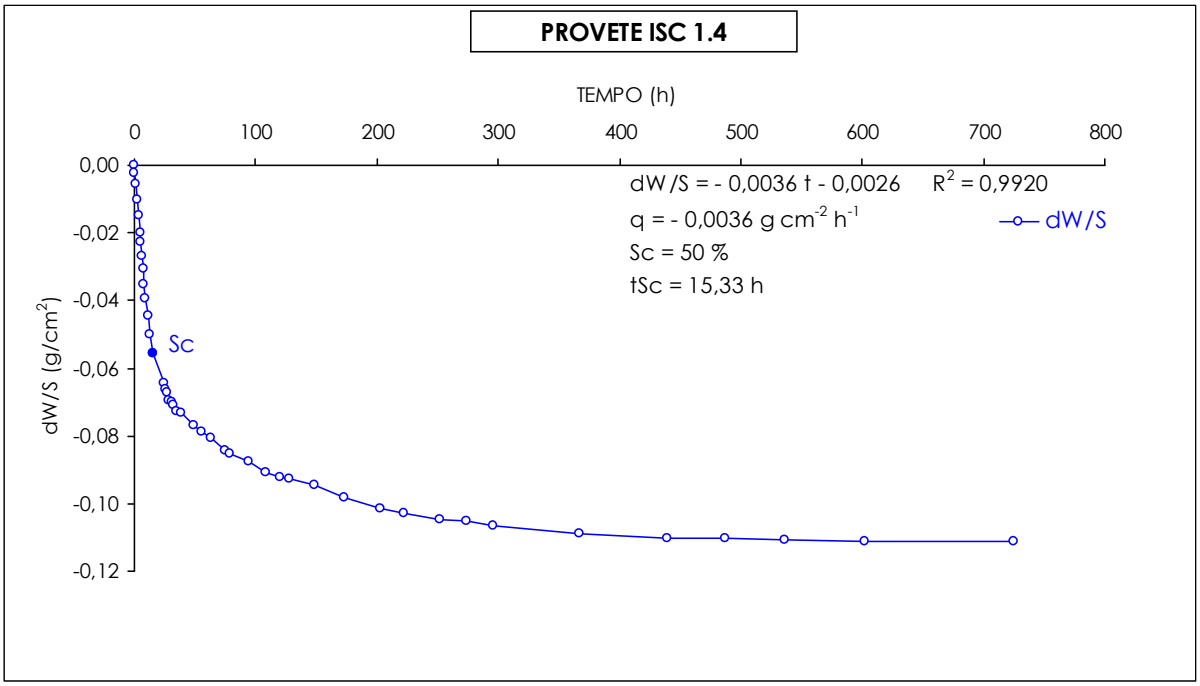
16	19	38	11	2007	246,24	43519	725,32	-0,1114

PESO - 248,02 g

SECÇÃO (cm^2) - 15,975

ALTURA - 5,98 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 50



PROVETE 2.1								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	2	8	11	2007	247,01	0	0,00	0,0000
11	16	8	11	2007	246,97	14	0,23	-0,0025
11	48	8	11	2007	246,92	46	0,77	-0,0056
13	14	8	11	2007	246,87	132	2,20	-0,0087
14	18	8	11	2007	246,80	196	3,27	-0,0130
15	42	8	11	2007	246,73	280	4,67	-0,0174
16	20	8	11	2007	246,69	318	5,30	-0,0199
17	16	8	11	2007	246,63	374	6,23	-0,0236
18	20	8	11	2007	246,59	438	7,30	-0,0261
19	21	8	11	2007	246,53	499	8,32	-0,0298
20	30	8	11	2007	246,47	568	9,47	-0,0335
22	30	8	11	2007	246,40	688	11,47	-0,0378
0	28	9	11	2007	246,33	806	13,43	-0,0422
2	20	9	11	2007	246,24	918	15,30	-0,0478
11	3	9	11	2007	246,06	1441	24,02	-0,0589
12	35	9	11	2007	246,03	1533	25,55	-0,0608
14	22	9	11	2007	246,01	1640	27,33	-0,0620
15	35	9	11	2007	245,99	1713	28,55	-0,0633
17	31	9	11	2007	245,97	1829	30,48	-0,0645
19	5	9	11	2007	245,96	1923	32,05	-0,0651
22	22	9	11	2007	245,92	2120	35,33	-0,0676
1	40	10	11	2007	245,90	2318	38,63	-0,0689
12	26	10	11	2007	245,86	2964	49,40	-0,0714
18	56	10	11	2007	245,82	3354	55,90	-0,0738
2	30	11	11	2007	245,79	3808	63,47	-0,0757
14	25	11	11	2007	245,73	4523	75,38	-0,0794
18	6	11	11	2007	245,73	4744	79,07	-0,0794
9	53	12	11	2007	245,68	5691	94,85	-0,0825
22	57	12	11	2007	245,65	6475	107,92	-0,0844
10	42	13	11	2007	245,62	7180	119,67	-0,0862
19	1	13	11	2007	245,61	7679	127,98	-0,0869
15	16	14	11	2007	245,59	8894	148,23	-0,0881
16	24	15	11	2007	245,52	10402	173,37	-0,0924
21	31	16	11	2007	245,48	12149	202,48	-0,0949
17	33	17	11	2007	245,44	13351	222,52	-0,0974
22	39	18	11	2007	245,41	15097	251,62	-0,0993
20	24	19	11	2007	245,39	16402	273,37	-0,1005
19	11	20	11	2007	245,37	17769	296,15	-0,1018
18	5	23	11	2007	245,32	22023	367,05	-0,1049
18	19	26	11	2007	245,27	26357	439,28	-0,1080
18	24	28	11	2007	245,25	29242	487,37	-0,1092
18	55	30	11	2007	245,25	32153	535,88	-0,1092
13	2	33	11	2007	245,23	36120	602,00	-0,1104

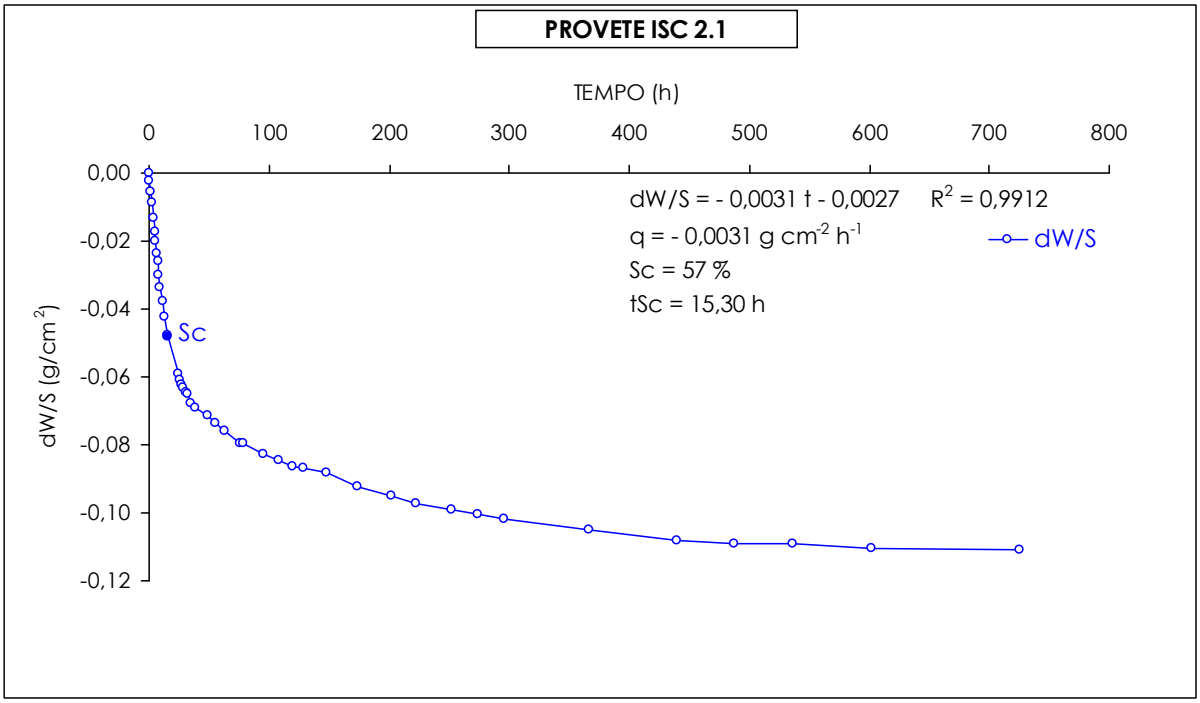
16	19	38	11	2007	245,22	43517	725,28	-0,1111

PESO - 247,01 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 5,94 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 57



PROVETE 2.2								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	3	8	11	2007	245,09	0	0,00	0,0000
11	16	8	11	2007	245,07	13	0,22	-0,0012
11	48	8	11	2007	245,02	45	0,75	-0,0043
13	14	8	11	2007	244,97	131	2,18	-0,0074
14	18	8	11	2007	244,90	195	3,25	-0,0118
15	42	8	11	2007	244,84	279	4,65	-0,0155
16	20	8	11	2007	244,80	317	5,28	-0,0180
17	16	8	11	2007	244,74	373	6,22	-0,0217
18	20	8	11	2007	244,70	437	7,28	-0,0242
19	21	8	11	2007	244,64	498	8,30	-0,0279
20	30	8	11	2007	244,58	567	9,45	-0,0316
22	31	8	11	2007	244,52	688	11,47	-0,0354
0	29	9	11	2007	244,44	806	13,43	-0,0403
2	21	9	11	2007	244,36	918	15,30	-0,0453
11	3	9	11	2007	244,16	1440	24,00	-0,0577
12	35	9	11	2007	244,13	1532	25,53	-0,0596
14	23	9	11	2007	244,10	1640	27,33	-0,0614
15	36	9	11	2007	244,08	1713	28,55	-0,0627
17	31	9	11	2007	244,06	1828	30,47	-0,0639
19	5	9	11	2007	244,05	1922	32,03	-0,0645
22	23	9	11	2007	244,01	2120	35,33	-0,0670
1	41	10	11	2007	243,99	2318	38,63	-0,0683
12	27	10	11	2007	243,93	2964	49,40	-0,0720
18	57	10	11	2007	243,89	3354	55,90	-0,0745
2	31	11	11	2007	243,85	3808	63,47	-0,0769
14	25	11	11	2007	243,79	4522	75,37	-0,0807
18	7	11	11	2007	243,78	4744	79,07	-0,0813
9	54	12	11	2007	243,73	5691	94,85	-0,0844
22	57	12	11	2007	243,70	6474	107,90	-0,0862
10	43	13	11	2007	243,66	7180	119,67	-0,0887
19	1	13	11	2007	243,63	7678	127,97	-0,0906
15	16	14	11	2007	243,61	8893	148,22	-0,0918
16	25	15	11	2007	243,54	10402	173,37	-0,0962
21	31	16	11	2007	243,49	12148	202,47	-0,0993
17	33	17	11	2007	243,46	13350	222,50	-0,1011
22	39	18	11	2007	243,42	15096	251,60	-0,1036
20	24	19	11	2007	243,41	16401	273,35	-0,1042
19	12	20	11	2007	243,38	17769	296,15	-0,1061
18	5	23	11	2007	243,35	22022	367,03	-0,1080
18	19	26	11	2007	243,33	26356	439,27	-0,1092
18	24	28	11	2007	243,32	29241	487,35	-0,1098
18	56	30	11	2007	243,32	32153	535,88	-0,1098
13	3	33	11	2007	243,31	36120	602,00	-0,1104

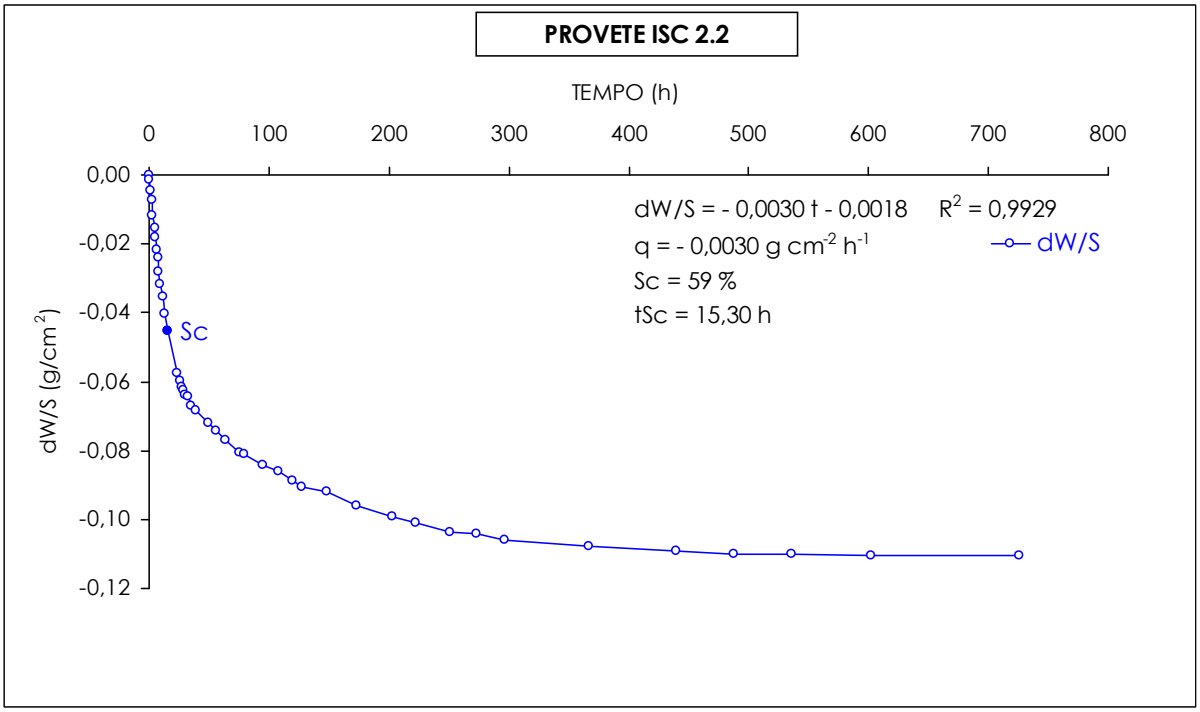
16	20	38	11	2007	243,31	43517	725,28	-0,1104

PESO - 245,09 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 5,93 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 59



PROVETE 2.3								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	9	8	11	2007	243,93	0	0,00	0,0000
11	29	8	11	2007	243,89	20	0,33	-0,0025
12	10	8	11	2007	243,82	61	1,02	-0,0068
13	15	8	11	2007	243,76	126	2,10	-0,0105
14	19	8	11	2007	243,69	190	3,17	-0,0149
15	43	8	11	2007	243,61	274	4,57	-0,0199
16	22	8	11	2007	243,57	313	5,22	-0,0223
17	17	8	11	2007	243,51	368	6,13	-0,0261
18	21	8	11	2007	243,44	432	7,20	-0,0304
19	22	8	11	2007	243,38	493	8,22	-0,0341
20	31	8	11	2007	243,31	562	9,37	-0,0385
22	31	8	11	2007	243,23	682	11,37	-0,0434
0	29	9	11	2007	243,15	800	13,33	-0,0484
2	21	9	11	2007	243,07	912	15,20	-0,0534
11	4	9	11	2007	242,90	1435	23,92	-0,0639
12	36	9	11	2007	242,88	1527	25,45	-0,0651
14	28	9	11	2007	242,86	1639	27,32	-0,0664
15	37	9	11	2007	242,84	1708	28,47	-0,0676
17	32	9	11	2007	242,83	1823	30,38	-0,0683
19	6	9	11	2007	242,81	1917	31,95	-0,0695
22	23	9	11	2007	242,78	2114	35,23	-0,0714
1	42	10	11	2007	242,78	2313	38,55	-0,0714
12	27	10	11	2007	242,76	2958	49,30	-0,0726
18	57	10	11	2007	242,74	3348	55,80	-0,0738
2	31	11	11	2007	242,69	3802	63,37	-0,0769
14	29	11	11	2007	242,65	4520	75,33	-0,0794
18	8	11	11	2007	242,63	4739	78,98	-0,0807
0	11	12	11	2007	242,62	5102	85,03	-0,0813
9	54	12	11	2007	242,58	5685	94,75	-0,0838
22	58	12	11	2007	242,53	6469	107,82	-0,0869
10	43	13	11	2007	242,49	7174	119,57	-0,0893
19	2	13	11	2007	242,48	7673	127,88	-0,0900
15	17	14	11	2007	242,44	8888	148,13	-0,0924
16	25	15	11	2007	242,37	10396	173,27	-0,0968
21	32	16	11	2007	242,36	12143	202,38	-0,0974
17	34	17	11	2007	242,33	13345	222,42	-0,0993
22	40	18	11	2007	242,30	15091	251,52	-0,1011
20	25	19	11	2007	242,28	16396	273,27	-0,1024
19	13	20	11	2007	242,27	17764	296,07	-0,1030
18	6	23	11	2007	242,24	22017	366,95	-0,1049
18	20	26	11	2007	242,21	26351	439,18	-0,1067
18	25	28	11	2007	242,21	29236	487,27	-0,1067
18	56	30	11	2007	242,18	32147	535,78	-0,1086
13	4	33	11	2007	242,17	36115	601,92	-0,1092

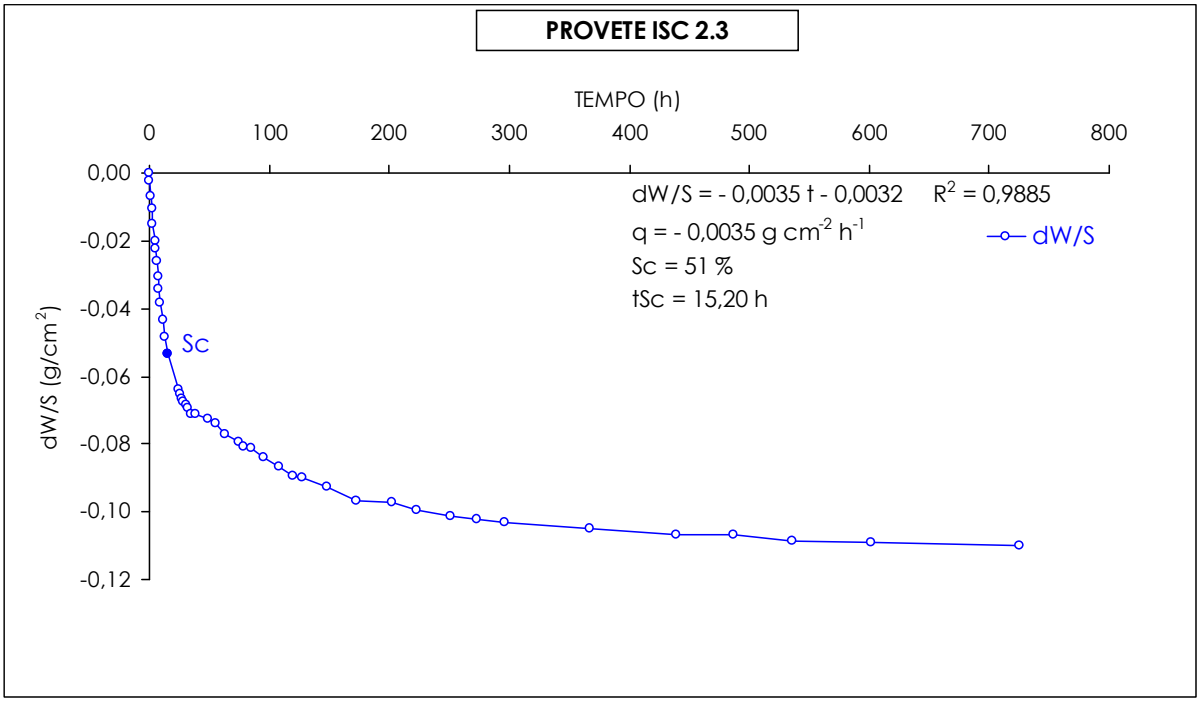
16	22	38	11	2007	242,16	43513	725,22	-0,1098

PESO - 243,93 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 5,85 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 51



PROVETE 2.4								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	10	8	11	2007	244,83	0	0,00	0,0000
11	30	8	11	2007	244,80	20	0,33	-0,0019
12	10	8	11	2007	244,73	60	1,00	-0,0062
13	16	8	11	2007	244,66	126	2,10	-0,0105
14	20	8	11	2007	244,61	190	3,17	-0,0137
15	44	8	11	2007	244,52	274	4,57	-0,0192
16	23	8	11	2007	244,48	313	5,22	-0,0217
17	18	8	11	2007	244,41	368	6,13	-0,0261
18	22	8	11	2007	244,36	432	7,20	-0,0292
19	22	8	11	2007	244,30	492	8,20	-0,0329
20	31	8	11	2007	244,24	561	9,35	-0,0366
22	32	8	11	2007	244,15	682	11,37	-0,0422
0	30	9	11	2007	244,07	800	13,33	-0,0472
2	22	9	11	2007	243,98	912	15,20	-0,0527
11	4	9	11	2007	243,77	1434	23,90	-0,0658
12	36	9	11	2007	243,73	1526	25,43	-0,0683
14	29	9	11	2007	243,71	1639	27,32	-0,0695
15	37	9	11	2007	243,70	1707	28,45	-0,0701
17	33	9	11	2007	243,68	1823	30,38	-0,0714
19	7	9	11	2007	243,66	1917	31,95	-0,0726
22	24	9	11	2007	243,62	2114	35,23	-0,0751
1	42	10	11	2007	243,61	2312	38,53	-0,0757
12	28	10	11	2007	243,56	2958	49,30	-0,0788
18	58	10	11	2007	243,52	3348	55,80	-0,0813
2	32	11	11	2007	243,49	3802	63,37	-0,0831
14	30	11	11	2007	243,44	4520	75,33	-0,0862
18	8	11	11	2007	243,43	4738	78,97	-0,0869
0	11	12	11	2007	243,41	5101	85,02	-0,0881
9	55	12	11	2007	243,37	5685	94,75	-0,0906
22	58	12	11	2007	243,33	6468	107,80	-0,0931
10	44	13	11	2007	243,29	7174	119,57	-0,0956
19	2	13	11	2007	243,27	7672	127,87	-0,0968
15	17	14	11	2007	243,24	8887	148,12	-0,0987
16	26	15	11	2007	243,16	10396	173,27	-0,1036
21	33	16	11	2007	243,11	12143	202,38	-0,1067
17	35	17	11	2007	243,10	13345	222,42	-0,1073
22	40	18	11	2007	243,07	15090	251,50	-0,1092
20	25	19	11	2007	243,05	16395	273,25	-0,1104
19	13	20	11	2007	243,04	17763	296,05	-0,1111
18	6	23	11	2007	243,00	22016	366,93	-0,1135
18	21	26	11	2007	242,98	26351	439,18	-0,1148
18	25	28	11	2007	242,97	29235	487,25	-0,1154
18	57	30	11	2007	242,94	32147	535,78	-0,1173

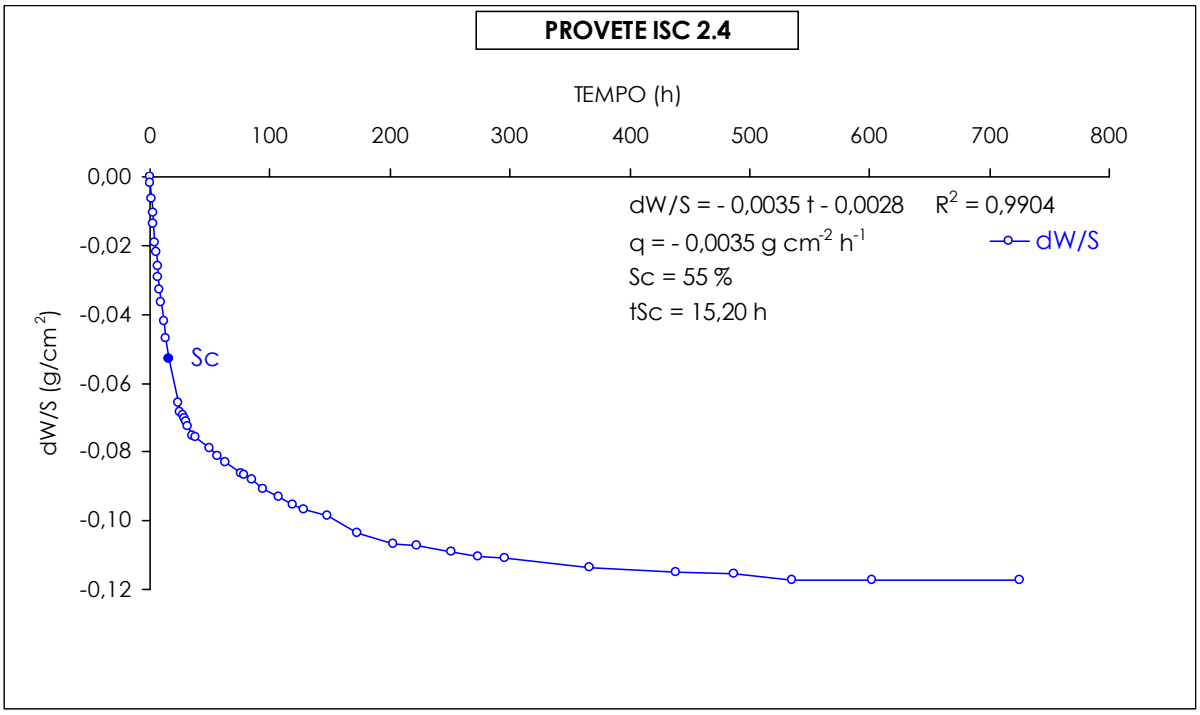
13	4	33	11	2007	242,94	36114	601,90	-0,1173
16	23	38	11	2007	242,94	43513	725,22	-0,1173

PESO - 244,83 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 5,91 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 55



PROVETE 3.1								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	11	8	11	2007	246,68	0	0,00	0,0000
11	30	8	11	2007	246,65	19	0,32	-0,0019
12	11	8	11	2007	246,59	60	1,00	-0,0056
13	16	8	11	2007	246,52	125	2,08	-0,0099
14	20	8	11	2007	246,46	189	3,15	-0,0137
15	44	8	11	2007	246,39	273	4,55	-0,0180
16	23	8	11	2007	246,35	312	5,20	-0,0205
17	18	8	11	2007	246,29	367	6,12	-0,0242
18	22	8	11	2007	246,24	431	7,18	-0,0273
19	23	8	11	2007	246,17	492	8,20	-0,0316
20	32	8	11	2007	246,10	561	9,35	-0,0360
22	32	8	11	2007	246,02	681	11,35	-0,0410
0	30	9	11	2007	245,93	799	13,32	-0,0465
2	22	9	11	2007	245,83	911	15,18	-0,0527
11	5	9	11	2007	245,53	1434	23,90	-0,0714
12	36	9	11	2007	245,46	1525	25,42	-0,0757
14	30	9	11	2007	245,37	1639	27,32	-0,0813
15	37	9	11	2007	245,32	1706	28,43	-0,0844
17	34	9	11	2007	245,21	1823	30,38	-0,0912
19	7	9	11	2007	245,13	1916	31,93	-0,0962
22	24	9	11	2007	244,98	2113	35,22	-0,1055
1	43	10	11	2007	244,85	2312	38,53	-0,1135
12	28	10	11	2007	244,47	2957	49,28	-0,1371
18	58	10	11	2007	244,24	3347	55,78	-0,1514
2	33	11	11	2007	243,99	3802	63,37	-0,1669
14	30	11	11	2007	243,63	4519	75,32	-0,1892
18	9	11	11	2007	243,52	4738	78,97	-0,1961
0	11	12	11	2007	243,38	5100	85,00	-0,2048
9	55	12	11	2007	243,19	5684	94,73	-0,2165
12	42	12	11	2007	243,14	5851	97,52	-0,2196
18	38	12	11	2007	243,06	6207	103,45	-0,2246
22	59	12	11	2007	243,00	6468	107,80	-0,2283
10	44	13	11	2007	242,86	7173	119,55	-0,2370
19	3	13	11	2007	242,79	7672	127,87	-0,2414
11	54	14	11	2007	242,65	8683	144,72	-0,2500
15	18	14	11	2007	242,62	8887	148,12	-0,2519
19	27	14	11	2007	242,58	9136	152,27	-0,2544
16	26	15	11	2007	242,42	10395	173,25	-0,2643
21	33	16	11	2007	242,26	12142	202,37	-0,2742
17	36	17	11	2007	242,15	13345	222,42	-0,2811
22	41	18	11	2007	242,02	15090	251,50	-0,2891
20	25	19	11	2007	241,94	16394	273,23	-0,2941
19	13	20	11	2007	241,87	17762	296,03	-0,2984
19	31	21	11	2007	241,79	19220	320,33	-0,3034

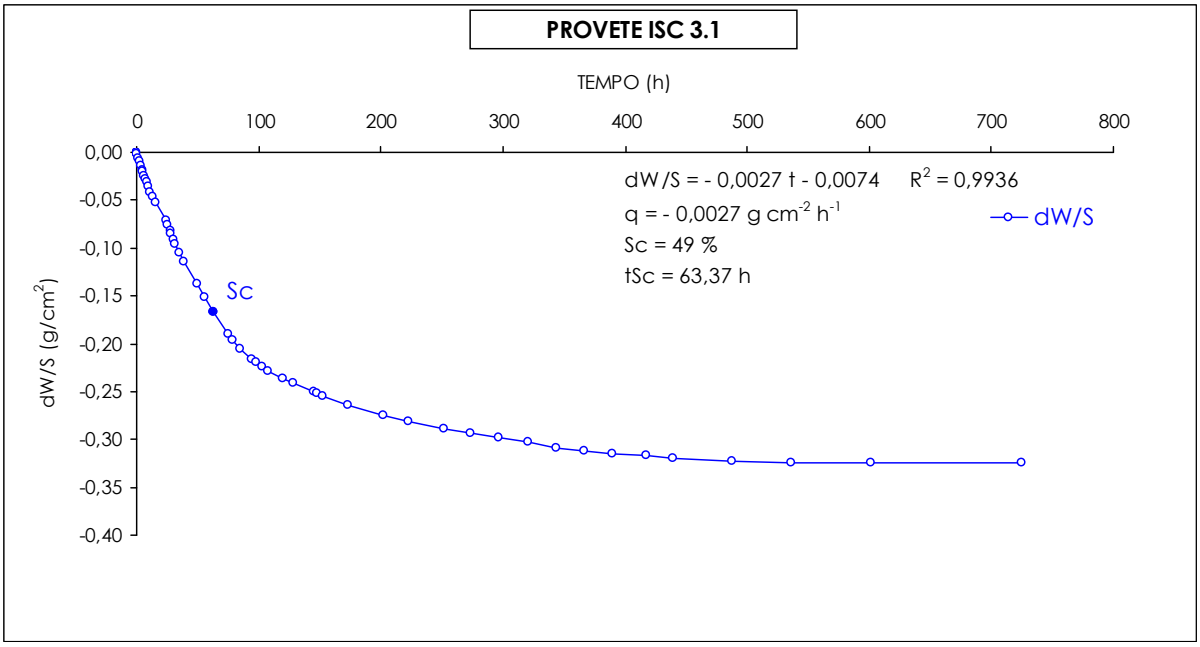
19	19	22	11	2007	241,71	20648	344,13	-0,3084
18	6	23	11	2007	241,66	22015	366,92	-0,3115
17	29	24	11	2007	241,61	23418	390,30	-0,3146
20	31	25	11	2007	241,57	25040	417,33	-0,3171
18	21	26	11	2007	241,53	26350	439,17	-0,3195
18	25	28	11	2007	241,49	29234	487,23	-0,3220
18	58	30	11	2007	241,46	32147	535,78	-0,3239
13	5	33	11	2007	241,45	36114	601,90	-0,3245
16	23	38	11	2007	241,45	43512	725,20	-0,3245

PESO - 239,84 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 6,20 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 49



PROVETE 3.3								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	12	8	11	2007	228,00	0	0,00	0,0000
11	31	8	11	2007	227,95	19	0,32	-0,0031
12	11	8	11	2007	227,89	59	0,98	-0,0068
13	16	8	11	2007	227,81	124	2,07	-0,0118
14	21	8	11	2007	227,74	189	3,15	-0,0161
15	45	8	11	2007	227,66	273	4,55	-0,0211
17	19	8	11	2007	227,53	367	6,12	-0,0292
18	23	8	11	2007	227,47	431	7,18	-0,0329
19	23	8	11	2007	227,40	491	8,18	-0,0372
20	32	8	11	2007	227,32	560	9,33	-0,0422
22	33	8	11	2007	227,21	681	11,35	-0,0490
0	31	9	11	2007	227,10	799	13,32	-0,0558
2	23	9	11	2007	226,99	911	15,18	-0,0627
11	5	9	11	2007	226,61	1433	23,88	-0,0862
12	37	9	11	2007	226,51	1525	25,42	-0,0924
14	30	9	11	2007	226,40	1638	27,30	-0,0993
15	38	9	11	2007	226,33	1706	28,43	-0,1036
17	35	9	11	2007	226,20	1823	30,38	-0,1117
19	8	9	11	2007	226,10	1916	31,93	-0,1179
22	25	9	11	2007	225,92	2113	35,22	-0,1291
1	43	10	11	2007	225,76	2311	38,52	-0,1390
12	29	10	11	2007	225,29	2957	49,28	-0,1681
18	58	10	11	2007	225,01	3346	55,77	-0,1855
2	33	11	11	2007	224,73	3801	63,35	-0,2029
14	31	11	11	2007	224,47	4519	75,32	-0,2190
18	9	11	11	2007	224,41	4737	78,95	-0,2227
0	12	12	11	2007	224,34	5100	85,00	-0,2271
9	56	12	11	2007	224,22	5684	94,73	-0,2345
12	43	12	11	2007	224,20	5851	97,52	-0,2358
18	38	12	11	2007	224,14	6206	103,43	-0,2395
22	59	12	11	2007	224,10	6467	107,78	-0,2420
10	45	13	11	2007	224,01	7173	119,55	-0,2476
19	4	13	11	2007	223,94	7672	127,87	-0,2519
11	55	14	11	2007	223,84	8683	144,72	-0,2581
19	27	14	11	2007	223,78	9135	152,25	-0,2618
16	27	15	11	2007	223,66	10395	173,25	-0,2693
21	34	16	11	2007	223,53	12142	202,37	-0,2773
17	36	17	11	2007	223,44	13344	222,40	-0,2829
22	41	18	11	2007	223,35	15089	251,48	-0,2885
20	26	19	11	2007	223,28	16394	273,23	-0,2929
19	14	20	11	2007	223,22	17762	296,03	-0,2966
19	32	21	11	2007	223,17	19220	320,33	-0,2997
19	20	22	11	2007	223,11	20648	344,13	-0,3034
18	7	23	11	2007	223,07	22015	366,92	-0,3059

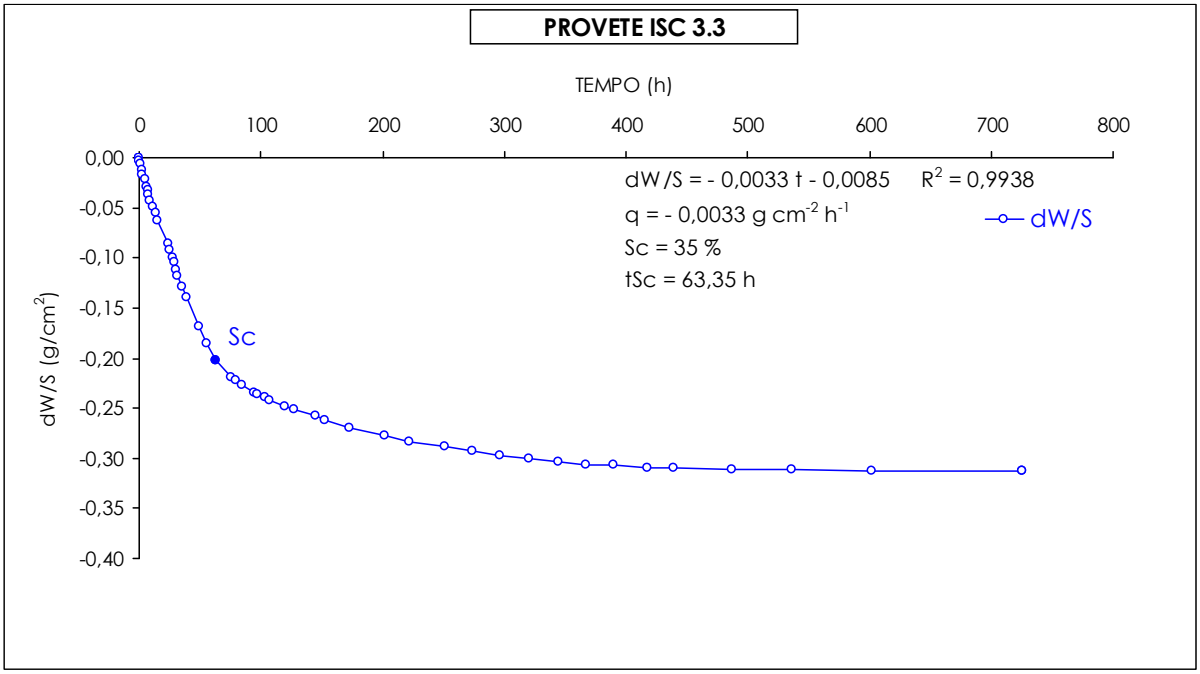
17	30	24	11	2007	223,05	23418	390,30	-0,3071
20	32	25	11	2007	223,02	25040	417,33	-0,3090
18	21	26	11	2007	223,00	26349	439,15	-0,3102
18	26	28	11	2007	222,99	29234	487,23	-0,3109
18	59	30	11	2007	222,98	32147	535,78	-0,3115
13	5	33	11	2007	222,97	36113	601,88	-0,3121
16	24	38	11	2007	222,97	43512	725,20	-0,3121
16	24	38	11	2007	222,97	43512	725,20	-0,3121

PESO - 228,00 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 5,81 cm

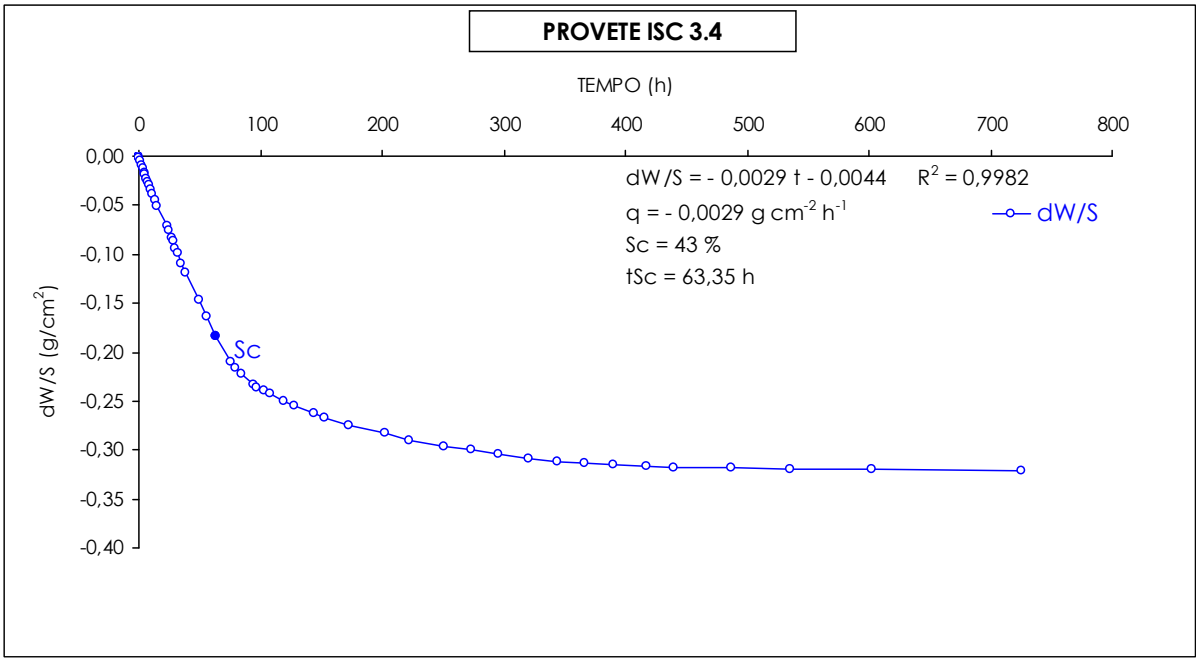
SATURAÇÃO CRITICA (%) - 35



PROVETE 3.4								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	13	8	11	2007	237,66	0	0,00	0,0000
11	31	8	11	2007	237,63	18	0,30	-0,0019
12	11	8	11	2007	237,58	58	0,97	-0,0050
13	17	8	11	2007	237,51	124	2,07	-0,0093
14	21	8	11	2007	237,45	188	3,13	-0,0130
15	45	8	11	2007	237,39	272	4,53	-0,0168
16	25	8	11	2007	237,35	312	5,20	-0,0192
17	19	8	11	2007	237,29	366	6,10	-0,0230
18	23	8	11	2007	237,23	430	7,17	-0,0267
19	24	8	11	2007	237,18	491	8,18	-0,0298
20	33	8	11	2007	237,11	560	9,33	-0,0341
22	33	8	11	2007	237,03	680	11,33	-0,0391
0	31	9	11	2007	236,94	798	13,30	-0,0447
2	23	9	11	2007	236,84	910	15,17	-0,0509
11	6	9	11	2007	236,51	1433	23,88	-0,0714
12	38	9	11	2007	236,43	1525	25,42	-0,0763
14	31	9	11	2007	236,32	1638	27,30	-0,0831
15	39	9	11	2007	236,26	1706	28,43	-0,0869
17	36	9	11	2007	236,15	1823	30,38	-0,0937
19	8	9	11	2007	236,06	1915	31,92	-0,0993
22	26	9	11	2007	235,90	2113	35,22	-0,1092
1	44	10	11	2007	235,74	2311	38,52	-0,1191
12	29	10	11	2007	235,29	2956	49,27	-0,1470
18	59	10	11	2007	235,01	3346	55,77	-0,1644
2	34	11	11	2007	234,71	3801	63,35	-0,1830
14	32	11	11	2007	234,28	4519	75,32	-0,2097
18	10	11	11	2007	234,18	4737	78,95	-0,2159
0	12	12	11	2007	234,07	5099	84,98	-0,2227
9	57	12	11	2007	233,90	5684	94,73	-0,2333
12	43	12	11	2007	233,86	5850	97,50	-0,2358
18	39	12	11	2007	233,79	6206	103,43	-0,2401
22	59	12	11	2007	233,74	6466	107,77	-0,2432
10	45	13	11	2007	233,63	7172	119,53	-0,2500
19	4	13	11	2007	233,55	7671	127,85	-0,2550
11	55	14	11	2007	233,43	8682	144,70	-0,2625
19	27	14	11	2007	233,36	9134	152,23	-0,2668
16	28	15	11	2007	233,23	10395	173,25	-0,2749
21	34	16	11	2007	233,10	12141	202,35	-0,2829
17	37	17	11	2007	232,99	13344	222,40	-0,2898
22	42	18	11	2007	232,88	15089	251,48	-0,2966
20	26	19	11	2007	232,82	16393	273,22	-0,3003
19	14	20	11	2007	232,75	17761	296,02	-0,3046
19	32	21	11	2007	232,69	19219	320,32	-0,3084
19	20	22	11	2007	232,63	20647	344,12	-0,3121

18	7	23	11	2007	232,60	22014	366,90	-0,3140
17	30	24	11	2007	232,57	23417	390,28	-0,3158
20	32	25	11	2007	232,55	25039	417,32	-0,3171
18	22	26	11	2007	232,53	26349	439,15	-0,3183
18	26	28	11	2007	232,52	29233	487,22	-0,3189
19	0	30	11	2007	232,50	32147	535,78	-0,3202
13	5	33	11	2007	232,50	36112	601,87	-0,3202
16	24	38	11	2007	232,49	43511	725,18	-0,3208

PESO - 237,66 g
SECÇÃO (cm^2) - 16,117
ALTURA - 6,01 cm
SATURAÇÃO CRITICA (%) - 43



PROVETE 4.1								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	14	8	11	2007	239,14	0	0,00	0,0000
11	31	8	11	2007	239,11	17	0,28	-0,0019
12	11	8	11	2007	239,06	57	0,95	-0,0050
13	17	8	11	2007	239,01	123	2,05	-0,0081
14	22	8	11	2007	238,96	188	3,13	-0,0113
15	45	8	11	2007	238,89	271	4,52	-0,0156
16	26	8	11	2007	238,85	312	5,20	-0,0182
17	20	8	11	2007	238,80	366	6,10	-0,0213
18	24	8	11	2007	238,76	430	7,17	-0,0238
19	24	8	11	2007	238,71	490	8,17	-0,0269
20	33	8	11	2007	238,65	559	9,32	-0,0307
22	34	8	11	2007	238,59	680	11,33	-0,0344
0	32	9	11	2007	238,50	798	13,30	-0,0401
2	24	9	11	2007	238,41	910	15,17	-0,0457
11	6	9	11	2007	238,17	1432	23,87	-0,0607
12	38	9	11	2007	238,09	1524	25,40	-0,0657
14	32	9	11	2007	237,99	1638	27,30	-0,0720
15	39	9	11	2007	237,95	1705	28,42	-0,0745
17	36	9	11	2007	237,87	1822	30,37	-0,0795
19	9	9	11	2007	237,79	1915	31,92	-0,0845
22	26	9	11	2007	237,63	2112	35,20	-0,0945
1	44	10	11	2007	237,51	2310	38,50	-0,1020
12	30	10	11	2007	237,17	2956	49,27	-0,1233
18	59	10	11	2007	236,97	3345	55,75	-0,1358
2	34	11	11	2007	236,71	3800	63,33	-0,1521
14	33	11	11	2007	236,34	4519	75,32	-0,1753
18	10	11	11	2007	236,22	4736	78,93	-0,1828
0	12	12	11	2007	236,06	5098	84,97	-0,1928
9	57	12	11	2007	235,87	5683	94,72	-0,2047
12	44	12	11	2007	235,83	5850	97,50	-0,2072
18	39	12	11	2007	235,76	6205	103,42	-0,2116
23	0	12	11	2007	235,71	6466	107,77	-0,2147
10	45	13	11	2007	235,60	7171	119,52	-0,2216
19	5	13	11	2007	235,53	7671	127,85	-0,2260
11	55	14	11	2007	235,42	8681	144,68	-0,2329
19	28	14	11	2007	235,37	9134	152,23	-0,2360
16	28	15	11	2007	235,24	10394	173,23	-0,2441
21	35	16	11	2007	235,10	12141	202,35	-0,2529
17	38	17	11	2007	235,01	13344	222,40	-0,2585
22	45	18	11	2007	234,91	15091	251,52	-0,2648
20	26	19	11	2007	234,83	16392	273,20	-0,2698
19	14	20	11	2007	234,77	17760	296,00	-0,2736
19	33	21	11	2007	234,68	19219	320,32	-0,2792

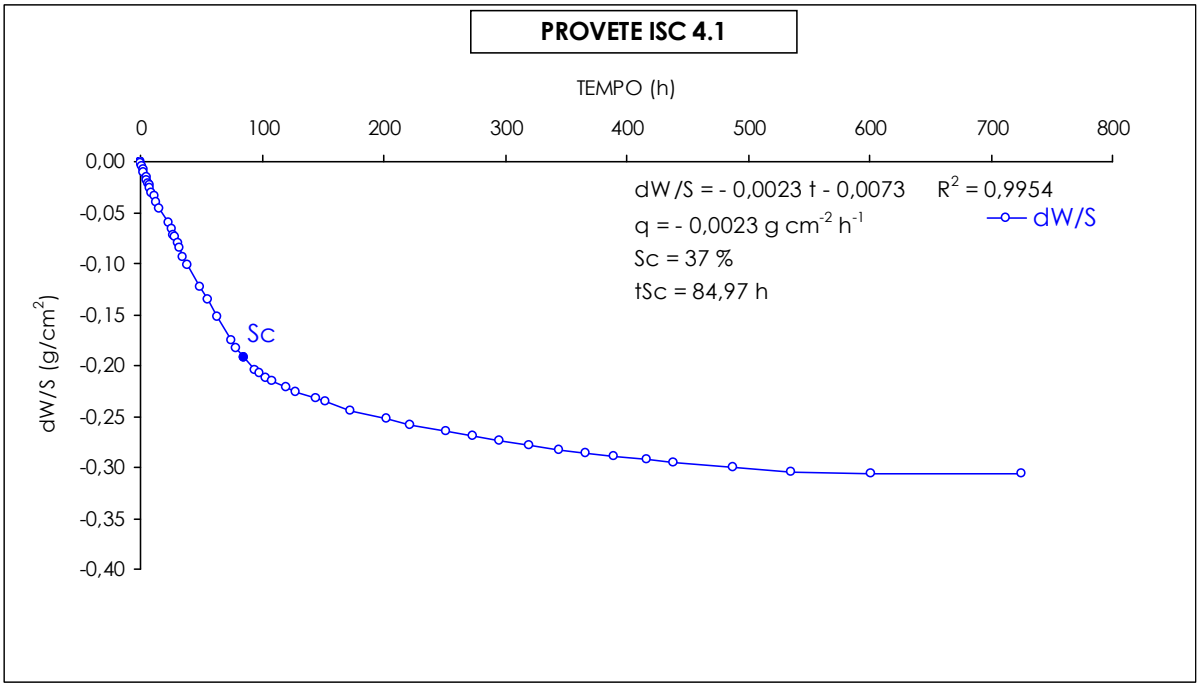
19	21	22	11	2007	234,63	20647	344,12	-0,2823
18	8	23	11	2007	234,56	22014	366,90	-0,2867
17	31	24	11	2007	234,51	23417	390,28	-0,2898
20	33	25	11	2007	234,46	25039	417,32	-0,2930
18	23	26	11	2007	234,42	26349	439,15	-0,2955
18	27	28	11	2007	234,35	29233	487,22	-0,2998
19	1	30	11	2007	234,28	32147	535,78	-0,3042
13	6	33	11	2007	234,26	36112	601,87	-0,3055
16	25	38	11	2007	234,25	43511	725,18	-0,3061

PESO - 239,14 g

SECÇÃO (cm^2) – 15,975

ALTURA - 6,02 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 37



PROVETE 4.2								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	21	8	11	2007	239,70	0	0,00	0,0000
11	44	8	11	2007	239,65	23	0,38	-0,0031
12	35	8	11	2007	239,58	74	1,23	-0,0075
13	18	8	11	2007	239,53	117	1,95	-0,0106
14	23	8	11	2007	239,48	182	3,03	-0,0138
15	46	8	11	2007	239,41	265	4,42	-0,0182
16	27	8	11	2007	239,35	306	5,10	-0,0219
17	21	8	11	2007	239,29	360	6,00	-0,0257
18	24	8	11	2007	239,23	423	7,05	-0,0294
19	25	8	11	2007	239,16	484	8,07	-0,0338
20	34	8	11	2007	239,09	553	9,22	-0,0382
22	35	8	11	2007	239,00	674	11,23	-0,0438
0	33	9	11	2007	238,90	792	13,20	-0,0501
2	24	9	11	2007	238,80	903	15,05	-0,0563
11	7	9	11	2007	238,45	1426	23,77	-0,0782
12	39	9	11	2007	238,36	1518	25,30	-0,0839
14	32	9	11	2007	238,26	1631	27,18	-0,0901
15	40	9	11	2007	238,19	1699	28,32	-0,0945
17	37	9	11	2007	238,09	1816	30,27	-0,1008
19	10	9	11	2007	238,00	1909	31,82	-0,1064
22	27	9	11	2007	237,84	2106	35,10	-0,1164
1	45	10	11	2007	237,69	2304	38,40	-0,1258
12	30	10	11	2007	237,27	2949	49,15	-0,1521
19	0	10	11	2007	237,02	3339	55,65	-0,1678
2	35	11	11	2007	236,74	3794	63,23	-0,1853
14	34	11	11	2007	236,35	4513	75,22	-0,2097
18	11	11	11	2007	236,25	4730	78,83	-0,2160
0	13	12	11	2007	236,13	5092	84,87	-0,2235
9	58	12	11	2007	235,98	5677	94,62	-0,2329
12	44	12	11	2007	235,94	5843	97,38	-0,2354
18	40	12	11	2007	235,87	6199	103,32	-0,2397
23	1	12	11	2007	235,82	6460	107,67	-0,2429
10	46	13	11	2007	235,71	7165	119,42	-0,2498
19	5	13	11	2007	235,63	7664	127,73	-0,2548
11	56	14	11	2007	235,52	8675	144,58	-0,2617
19	29	14	11	2007	235,45	9128	152,13	-0,2660
16	29	15	11	2007	235,31	10388	173,13	-0,2748
21	35	16	11	2007	235,15	12134	202,23	-0,2848
17	39	17	11	2007	235,05	13338	222,30	-0,2911
22	45	18	11	2007	234,94	15084	251,40	-0,2980
20	27	19	11	2007	234,87	16386	273,10	-0,3023
19	15	20	11	2007	234,80	17754	295,90	-0,3067
19	33	21	11	2007	234,72	19212	320,20	-0,3117
19	21	22	11	2007	234,66	20640	344,00	-0,3155

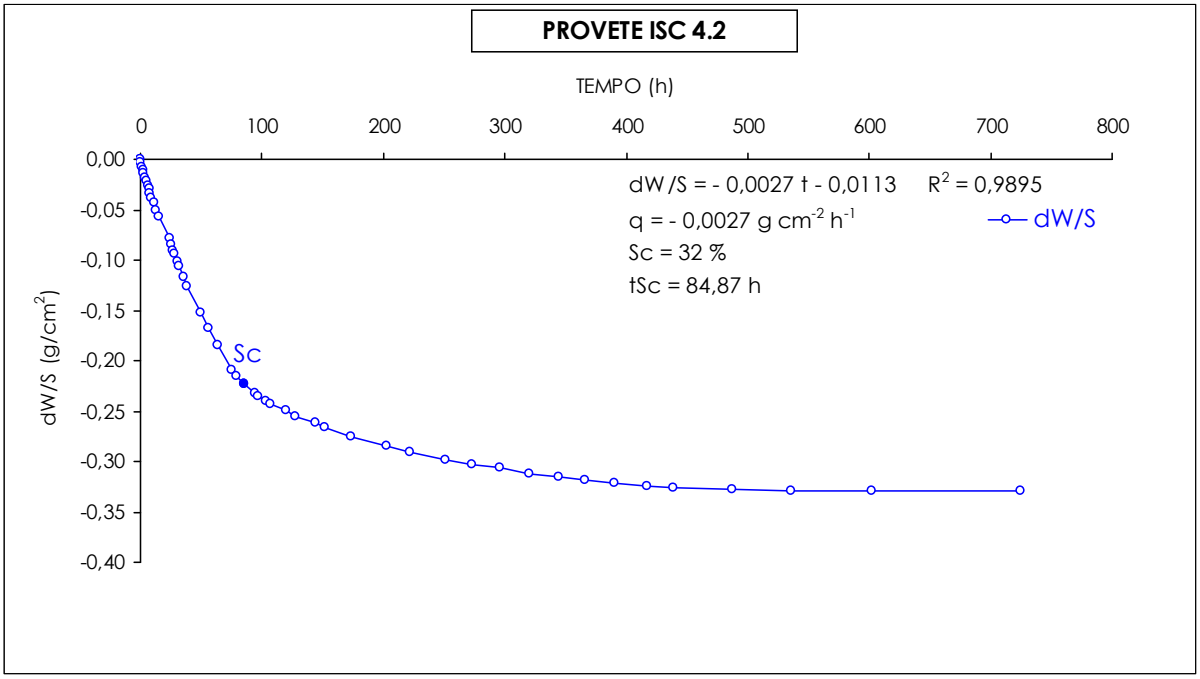
18	8	23	11	2007	234,61	22007	366,78	-0,3186
17	31	24	11	2007	234,56	23410	390,17	-0,3218
20	33	25	11	2007	234,52	25032	417,20	-0,3243
18	24	26	11	2007	234,50	26343	439,05	-0,3255
18	27	28	11	2007	234,46	29226	487,10	-0,3280
19	5	30	11	2007	234,44	32144	535,73	-0,3293
13	7	33	11	2007	234,44	36106	601,77	-0,3293
16	28	38	11	2007	234,44	43507	725,12	-0,3293

PESO - 239,70 g

SECÇÃO (cm^2) - 15,975

ALTURA - 6,06 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 32



PROVETE 4.3								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	22	8	11	2007	225,02	0	0,00	0,0000
11	44	8	11	2007	224,97	22	0,37	-0,0031
12	36	8	11	2007	224,90	74	1,23	-0,0075
13	18	8	11	2007	224,87	116	1,93	-0,0094
14	23	8	11	2007	224,81	181	3,02	-0,0131
15	47	8	11	2007	224,75	265	4,42	-0,0169
16	27	8	11	2007	224,71	305	5,08	-0,0194
17	21	8	11	2007	224,66	359	5,98	-0,0225
18	25	8	11	2007	224,60	423	7,05	-0,0263
19	26	8	11	2007	224,54	484	8,07	-0,0300
20	34	8	11	2007	224,48	552	9,20	-0,0338
22	35	8	11	2007	224,40	673	11,22	-0,0388
0	33	9	11	2007	224,33	791	13,18	-0,0432
2	25	9	11	2007	224,23	903	15,05	-0,0495
11	7	9	11	2007	223,93	1425	23,75	-0,0682
12	39	9	11	2007	223,85	1517	25,28	-0,0732
14	33	9	11	2007	223,76	1631	27,18	-0,0789
15	41	9	11	2007	223,70	1699	28,32	-0,0826
17	38	9	11	2007	223,60	1816	30,27	-0,0889
19	10	9	11	2007	223,52	1908	31,80	-0,0939
22	27	9	11	2007	223,38	2105	35,08	-0,1027
1	45	10	11	2007	223,24	2303	38,38	-0,1114
12	31	10	11	2007	222,85	2949	49,15	-0,1358
19	0	10	11	2007	222,61	3338	55,63	-0,1509
2	36	11	11	2007	222,34	3794	63,23	-0,1678
14	34	11	11	2007	221,95	4512	75,20	-0,1922
18	11	11	11	2007	221,83	4729	78,82	-0,1997
9	58	12	11	2007	221,50	5676	94,60	-0,2203
12	45	12	11	2007	221,46	5843	97,38	-0,2228
18	40	12	11	2007	221,38	6198	103,30	-0,2279
23	1	12	11	2007	221,33	6459	107,65	-0,2310
10	46	13	11	2007	221,22	7164	119,40	-0,2379
19	6	13	11	2007	221,15	7664	127,73	-0,2423
11	56	14	11	2007	221,03	8674	144,57	-0,2498
19	29	14	11	2007	220,98	9127	152,12	-0,2529
16	30	15	11	2007	220,86	10388	173,13	-0,2604
21	36	16	11	2007	220,72	12134	202,23	-0,2692
17	39	17	11	2007	220,64	13337	222,28	-0,2742
22	46	18	11	2007	220,52	15084	251,40	-0,2817
20	27	19	11	2007	220,45	16385	273,08	-0,2861
19	15	20	11	2007	220,39	17753	295,88	-0,2898
19	33	21	11	2007	220,32	19211	320,18	-0,2942
19	22	22	11	2007	220,26	20640	344,00	-0,2980
18	8	23	11	2007	220,21	22006	366,77	-0,3011

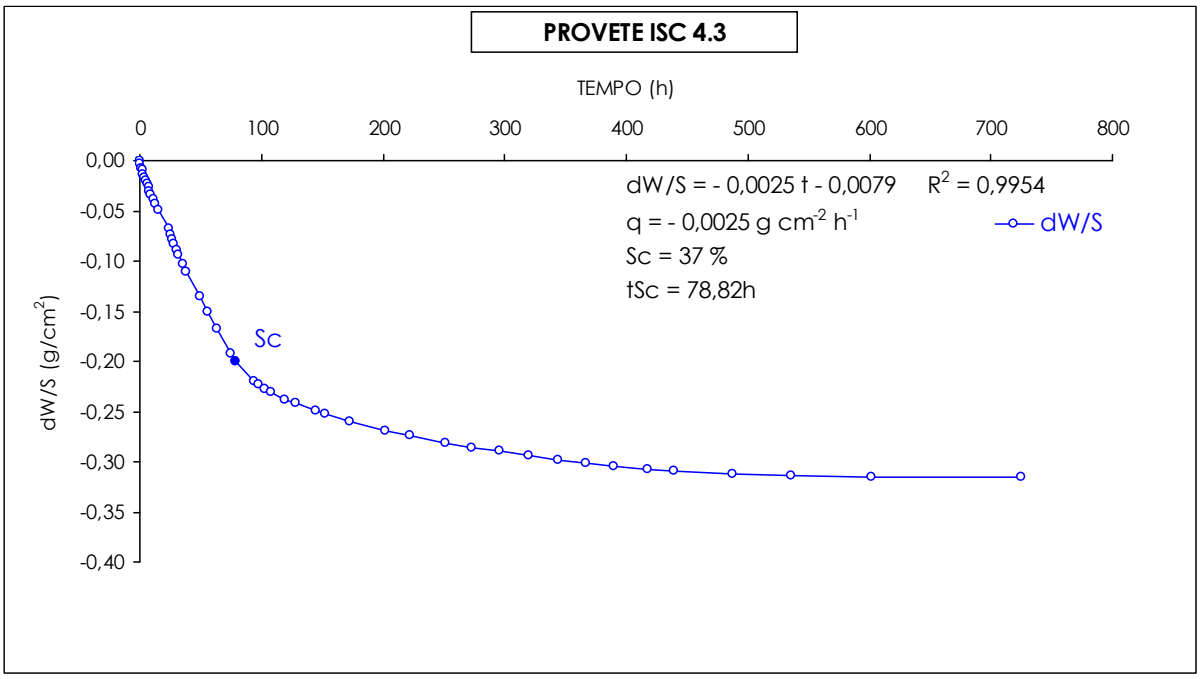
17	32	24	11	2007	220,16	23410	390,17	-0,3042
20	34	25	11	2007	220,11	25032	417,20	-0,3074
18	24	26	11	2007	220,07	26342	439,03	-0,3099
18	28	28	11	2007	220,02	29226	487,10	-0,3130
19	2	30	11	2007	220,00	32140	535,67	-0,3142
13	7	33	11	2007	219,98	36105	601,75	-0,3155
16	28	38	11	2007	219,97	43506	725,10	-0,3161

PESO - 225,02 g

SECÇÃO (cm^2) - 15,975

ALTURA - 5,72 cm

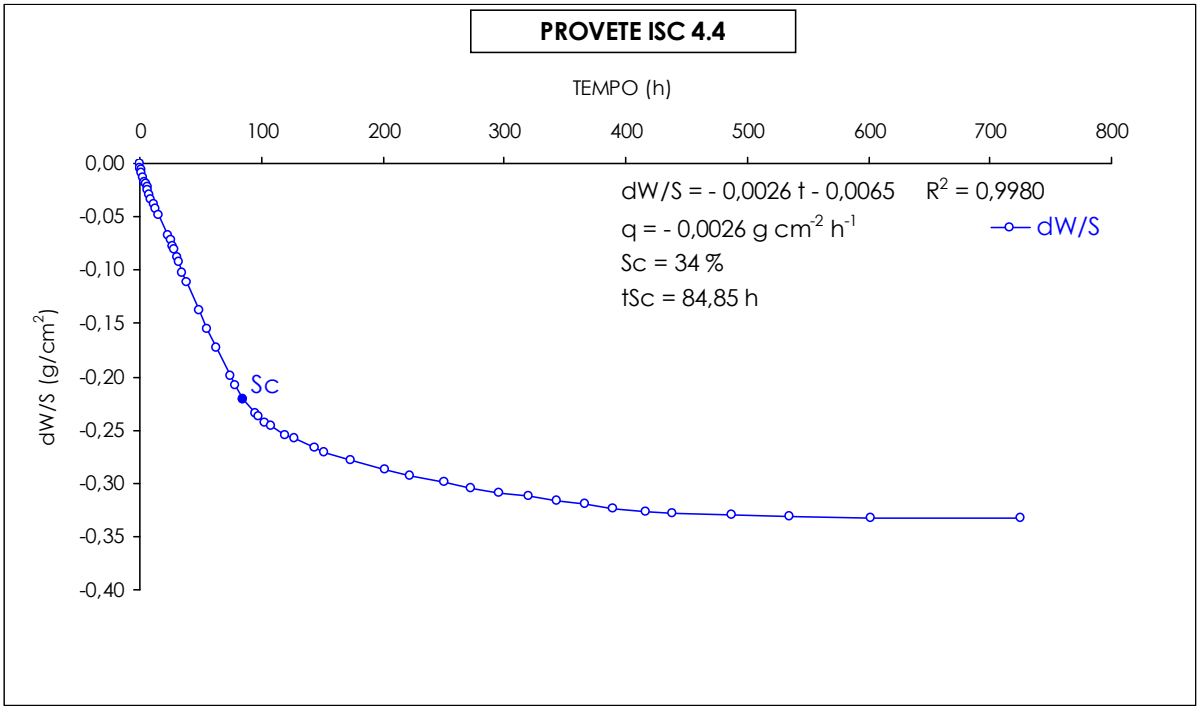
SATURAÇÃO CRITICA (%) - 37



PROVETE 4.4								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	23	8	11	2007	222,69	0	0,00	0,0000
11	45	8	11	2007	222,63	22	0,37	-0,0038
12	36	8	11	2007	222,59	73	1,22	-0,0063
13	18	8	11	2007	222,55	115	1,92	-0,0088
14	24	8	11	2007	222,49	181	3,02	-0,0126
15	47	8	11	2007	222,42	264	4,40	-0,0170
16	28	8	11	2007	222,39	305	5,08	-0,0189
17	22	8	11	2007	222,34	359	5,98	-0,0220
18	26	8	11	2007	222,29	423	7,05	-0,0252
19	26	8	11	2007	222,23	483	8,05	-0,0289
20	35	8	11	2007	222,16	552	9,20	-0,0333
22	36	8	11	2007	222,09	673	11,22	-0,0377
0	33	9	11	2007	222,01	790	13,17	-0,0428
2	25	9	11	2007	221,92	902	15,03	-0,0484
11	8	9	11	2007	221,62	1425	23,75	-0,0673
12	40	9	11	2007	221,55	1517	25,28	-0,0717
14	33	9	11	2007	221,45	1630	27,17	-0,0780
15	41	9	11	2007	221,40	1698	28,30	-0,0811
17	39	9	11	2007	221,30	1816	30,27	-0,0874
19	11	9	11	2007	221,22	1908	31,80	-0,0924
22	28	9	11	2007	221,07	2105	35,08	-0,1019
1	46	10	11	2007	220,93	2303	38,38	-0,1107
12	31	10	11	2007	220,50	2948	49,13	-0,1377
19	1	10	11	2007	220,23	3338	55,63	-0,1547
2	37	11	11	2007	219,93	3794	63,23	-0,1735
14	35	11	11	2007	219,51	4512	75,20	-0,1999
18	12	11	11	2007	219,37	4729	78,82	-0,2087
0	14	12	11	2007	219,18	5091	84,85	-0,2207
9	59	12	11	2007	218,96	5676	94,60	-0,2345
12	45	12	11	2007	218,92	5842	97,37	-0,2370
18	41	12	11	2007	218,83	6198	103,30	-0,2427
23	1	12	11	2007	218,77	6458	107,63	-0,2465
10	47	13	11	2007	218,64	7164	119,40	-0,2546
19	6	13	11	2007	218,58	7663	127,72	-0,2584
11	57	14	11	2007	218,45	8674	144,57	-0,2666
19	30	14	11	2007	218,38	9127	152,12	-0,2710
16	30	15	11	2007	218,26	10387	173,12	-0,2785
21	36	16	11	2007	218,12	12133	202,22	-0,2873
17	40	17	11	2007	218,03	13337	222,28	-0,2930
22	46	18	11	2007	217,93	15083	251,38	-0,2993
20	28	19	11	2007	217,84	16385	273,08	-0,3049
19	20	20	11	2007	217,78	17757	295,95	-0,3087
19	34	21	11	2007	217,72	19211	320,18	-0,3125
19	22	22	11	2007	217,66	20639	343,98	-0,3163

18	9	23	11	2007	217,60	22006	366,77	-0,3200
17	32	24	11	2007	217,54	23409	390,15	-0,3238
20	34	25	11	2007	217,50	25031	417,18	-0,3263
18	25	26	11	2007	217,47	26342	439,03	-0,3282
18	28	28	11	2007	217,44	29225	487,08	-0,3301
19	3	30	11	2007	217,42	32140	535,67	-0,3314
13	8	33	11	2007	217,41	36105	601,75	-0,3320
16	29	38	11	2007	217,40	43506	725,10	-0,3326

PESO - 222,69 g
SECÇÃO (cm^2) - 15,904
ALTURA - 5,74 cm
SATURAÇÃO CRITICA (%) - 34



PROVETE 4.5								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	24	8	11	2007	235,99	0	0,00	0,0000
11	45	8	11	2007	235,96	21	0,35	-0,0019
12	36	8	11	2007	235,90	72	1,20	-0,0057
13	19	8	11	2007	235,85	115	1,92	-0,0088
14	24	8	11	2007	235,81	180	3,00	-0,0113
15	48	8	11	2007	235,75	264	4,40	-0,0151
16	28	8	11	2007	235,71	304	5,07	-0,0176
17	22	8	11	2007	235,66	358	5,97	-0,0207
18	26	8	11	2007	235,62	422	7,03	-0,0233
19	27	8	11	2007	235,55	483	8,05	-0,0277
20	35	8	11	2007	235,50	551	9,18	-0,0308
22	36	8	11	2007	235,43	672	11,20	-0,0352
0	34	9	11	2007	235,36	790	13,17	-0,0396
2	26	9	11	2007	235,28	902	15,03	-0,0446
11	8	9	11	2007	235,01	1424	23,73	-0,0616
12	40	9	11	2007	234,94	1516	25,27	-0,0660
14	34	9	11	2007	234,84	1630	27,17	-0,0723
15	42	9	11	2007	234,80	1698	28,30	-0,0748
17	40	9	11	2007	234,70	1816	30,27	-0,0811
19	12	9	11	2007	234,63	1908	31,80	-0,0855
22	28	9	11	2007	234,49	2104	35,07	-0,0943
1	46	10	11	2007	234,35	2302	38,37	-0,1031
12	32	10	11	2007	233,98	2948	49,13	-0,1264
19	1	10	11	2007	233,74	3337	55,62	-0,1415
2	37	11	11	2007	233,46	3793	63,22	-0,1591
14	35	11	11	2007	233,03	4511	75,18	-0,1861
18	13	11	11	2007	232,89	4729	78,82	-0,1949
0	14	12	11	2007	232,65	5090	84,83	-0,2100
9	59	12	11	2007	232,29	5675	94,58	-0,2326
12	46	12	11	2007	232,19	5842	97,37	-0,2389
18	41	12	11	2007	232,01	6197	103,28	-0,2502
23	2	12	11	2007	231,91	6458	107,63	-0,2565
10	47	13	11	2007	231,72	7163	119,38	-0,2685
19	7	13	11	2007	231,61	7663	127,72	-0,2754
11	57	14	11	2007	231,40	8673	144,55	-0,2886
19	30	14	11	2007	231,35	9126	152,10	-0,2917
16	31	15	11	2007	231,18	10387	173,12	-0,3024
21	36	16	11	2007	231,00	12132	202,20	-0,3138
17	41	17	11	2007	230,89	13337	222,28	-0,3207
22	47	18	11	2007	230,76	15083	251,38	-0,3288
20	28	19	11	2007	230,68	16384	273,07	-0,3339
19	20	20	11	2007	230,59	17756	295,93	-0,3395
19	34	21	11	2007	230,52	19210	320,17	-0,3439
19	23	22	11	2007	230,46	20639	343,98	-0,3477

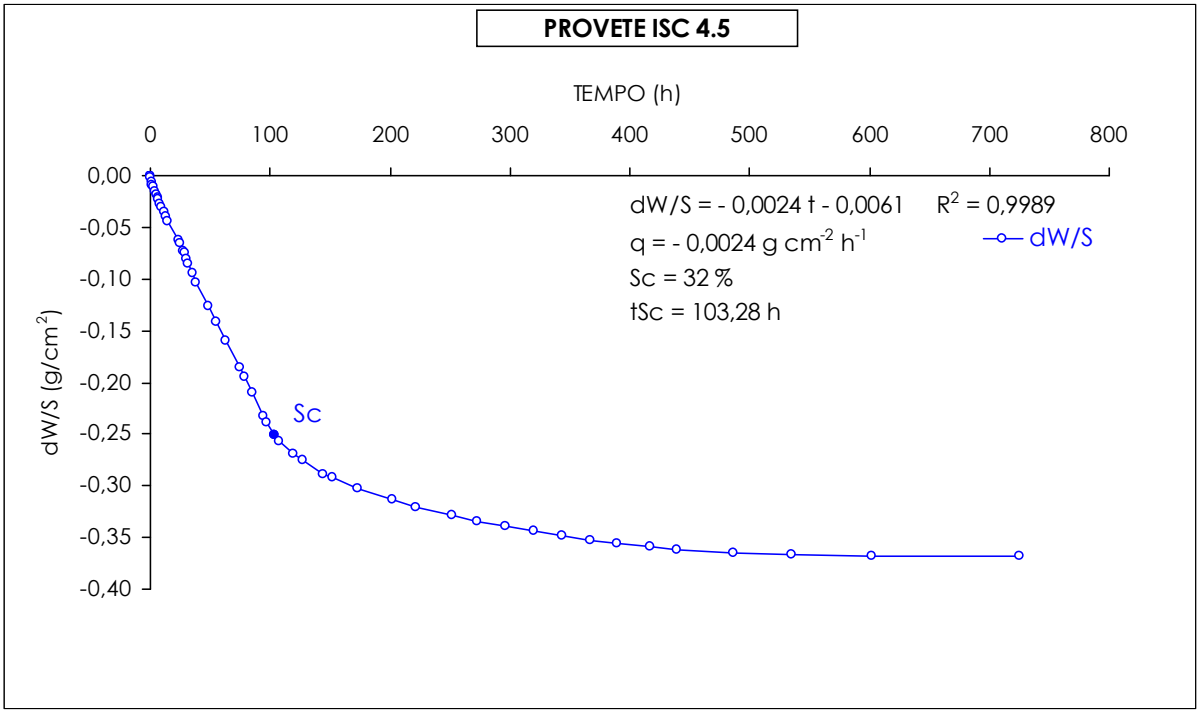
18	9	23	11	2007	230,38	22005	366,75	-0,3527
17	33	24	11	2007	230,32	23409	390,15	-0,3565
20	35	25	11	2007	230,27	25031	417,18	-0,3597
18	25	26	11	2007	230,24	26341	439,02	-0,3615
18	28	28	11	2007	230,18	29224	487,07	-0,3653
19	3	30	11	2007	230,15	32139	535,65	-0,3672
13	8	33	11	2007	230,13	36104	601,73	-0,3685
16	30	38	11	2007	230,13	43506	725,10	-0,3685

PESO - 235,99 g

SECÇÃO (cm^2) - 15,904

ALTURA - 6,06 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 32



PROVETE 5.1								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	26	8	11	2007	244,71	0	0,00	0,0000
11	46	8	11	2007	244,66	20	0,33	-0,0031
12	37	8	11	2007	244,58	71	1,18	-0,0081
13	19	8	11	2007	244,52	113	1,88	-0,0118
14	25	8	11	2007	244,43	179	2,98	-0,0174
15	48	8	11	2007	244,33	262	4,37	-0,0236
16	29	8	11	2007	244,29	303	5,05	-0,0261
17	23	8	11	2007	244,22	357	5,95	-0,0305
18	27	8	11	2007	244,14	421	7,02	-0,0354
19	27	8	11	2007	244,07	481	8,02	-0,0398
20	35	8	11	2007	243,99	549	9,15	-0,0448
22	37	8	11	2007	243,91	671	11,18	-0,0497
0	34	9	11	2007	243,82	788	13,13	-0,0553
2	26	9	11	2007	243,75	900	15,00	-0,0597
11	9	9	11	2007	243,59	1423	23,72	-0,0696
12	41	9	11	2007	243,56	1515	25,25	-0,0715
14	35	9	11	2007	243,52	1629	27,15	-0,0740
15	43	9	11	2007	243,52	1697	28,28	-0,0740
17	41	9	11	2007	243,49	1815	30,25	-0,0759
19	12	9	11	2007	243,47	1906	31,77	-0,0771
22	29	9	11	2007	243,45	2103	35,05	-0,0784
1	47	10	11	2007	243,42	2301	38,35	-0,0802
12	32	10	11	2007	243,35	2946	49,10	-0,0846
19	1	10	11	2007	243,31	3335	55,58	-0,0871
2	38	11	11	2007	243,27	3792	63,20	-0,0895
14	36	11	11	2007	243,22	4510	75,17	-0,0927
18	14	11	11	2007	243,21	4728	78,80	-0,0933
0	15	12	11	2007	243,18	5089	84,82	-0,0951
10	0	12	11	2007	243,14	5674	94,57	-0,0976
23	2	12	11	2007	243,10	6456	107,60	-0,1001
10	48	13	11	2007	243,06	7162	119,37	-0,1026
19	8	13	11	2007	243,04	7662	127,70	-0,1038
15	19	14	11	2007	243,00	8873	147,88	-0,1063
16	31	15	11	2007	242,91	10385	173,08	-0,1119
21	37	16	11	2007	242,86	12131	202,18	-0,1150
17	41	17	11	2007	242,81	13335	222,25	-0,1181
22	47	18	11	2007	242,76	15081	251,35	-0,1213
20	29	19	11	2007	242,73	16383	273,05	-0,1231
19	21	20	11	2007	242,70	17755	295,92	-0,1250
18	9	23	11	2007	242,62	22003	366,72	-0,1300
18	26	26	11	2007	242,56	26340	439,00	-0,1337
18	29	28	11	2007	242,55	29223	487,05	-0,1343
19	4	30	11	2007	242,54	32138	535,63	-0,1349
13	8	33	11	2007	242,53	36102	601,70	-0,1356

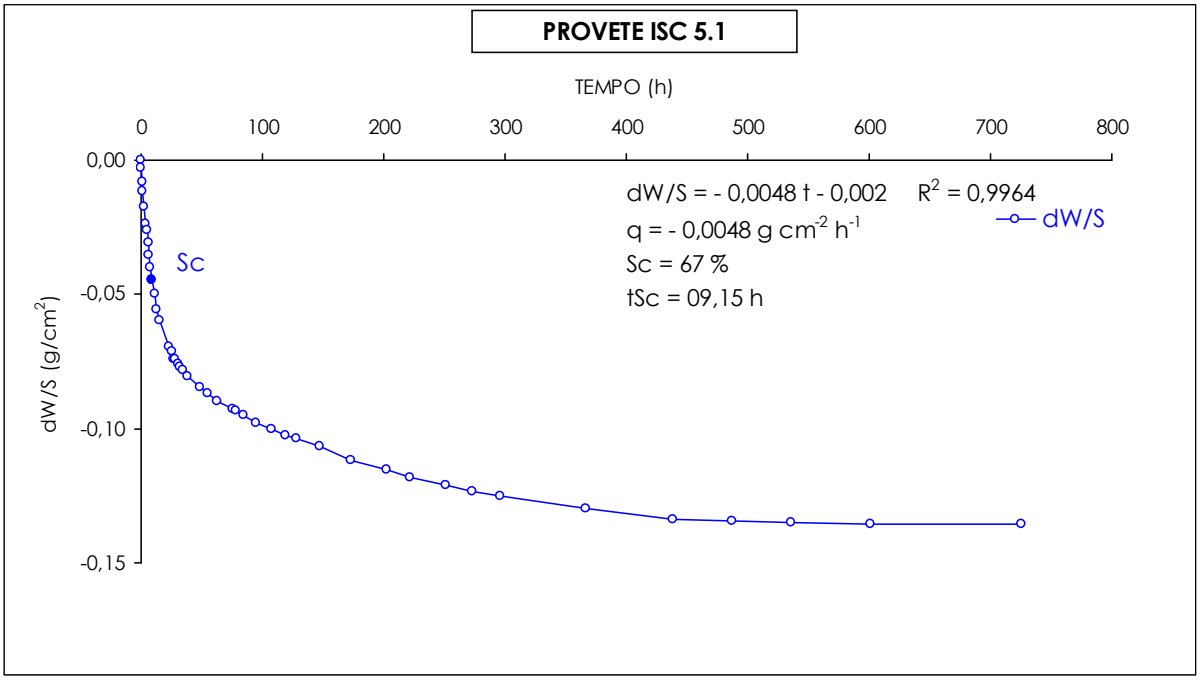
16	30	38	11	2007	242,53	43504	725,07	-0,1356

PESO - 244,71 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,082

ALTURA - 5,94 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 67



PROVETE 5.2								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	27	8	11	2007	247,94	0	0,00	0,0000
11	46	8	11	2007	247,89	19	0,32	-0,0031
12	37	8	11	2007	247,83	70	1,17	-0,0069
13	20	8	11	2007	247,79	113	1,88	-0,0093
14	25	8	11	2007	247,72	178	2,97	-0,0137
15	49	8	11	2007	247,66	262	4,37	-0,0174
16	29	8	11	2007	247,62	302	5,03	-0,0199
17	23	8	11	2007	247,57	356	5,93	-0,0231
18	27	8	11	2007	247,52	420	7,00	-0,0262
19	28	8	11	2007	247,45	481	8,02	-0,0305
20	36	8	11	2007	247,39	549	9,15	-0,0343
22	37	8	11	2007	247,32	670	11,17	-0,0386
0	35	9	11	2007	247,25	788	13,13	-0,0430
2	27	9	11	2007	247,16	900	15,00	-0,0486
11	9	9	11	2007	246,95	1422	23,70	-0,0617
12	41	9	11	2007	246,91	1514	25,23	-0,0642
14	35	9	11	2007	246,85	1628	27,13	-0,0679
15	44	9	11	2007	246,85	1697	28,28	-0,0679
17	41	9	11	2007	246,82	1814	30,23	-0,0698
19	13	9	11	2007	246,79	1906	31,77	-0,0717
22	29	9	11	2007	246,76	2102	35,03	-0,0735
1	47	10	11	2007	246,72	2300	38,33	-0,0760
12	33	10	11	2007	246,64	2946	49,10	-0,0810
19	2	10	11	2007	246,60	3335	55,58	-0,0835
2	39	11	11	2007	246,55	3792	63,20	-0,0866
14	36	11	11	2007	246,48	4509	75,15	-0,0910
18	14	11	11	2007	246,47	4727	78,78	-0,0916
0	15	12	11	2007	246,45	5088	84,80	-0,0929
10	0	12	11	2007	246,40	5673	94,55	-0,0960
23	3	12	11	2007	246,36	6456	107,60	-0,0985
10	49	13	11	2007	246,31	7162	119,37	-0,1016
19	8	13	11	2007	246,28	7661	127,68	-0,1035
15	19	14	11	2007	246,23	8872	147,87	-0,1066
16	32	15	11	2007	246,15	10385	173,08	-0,1116
21	37	16	11	2007	246,09	12130	202,17	-0,1153
17	42	17	11	2007	246,04	13335	222,25	-0,1184
22	48	18	11	2007	246,00	15081	251,35	-0,1209
20	29	19	11	2007	245,98	16382	273,03	-0,1221
19	21	20	11	2007	245,96	17754	295,90	-0,1234
18	10	23	11	2007	245,91	22003	366,72	-0,1265
18	26	26	11	2007	245,88	26339	438,98	-0,1284
18	29	28	11	2007	245,88	29222	487,03	-0,1284
19	4	30	11	2007	245,88	32137	535,62	-0,1284
13	9	33	11	2007	245,88	36102	601,70	-0,1284

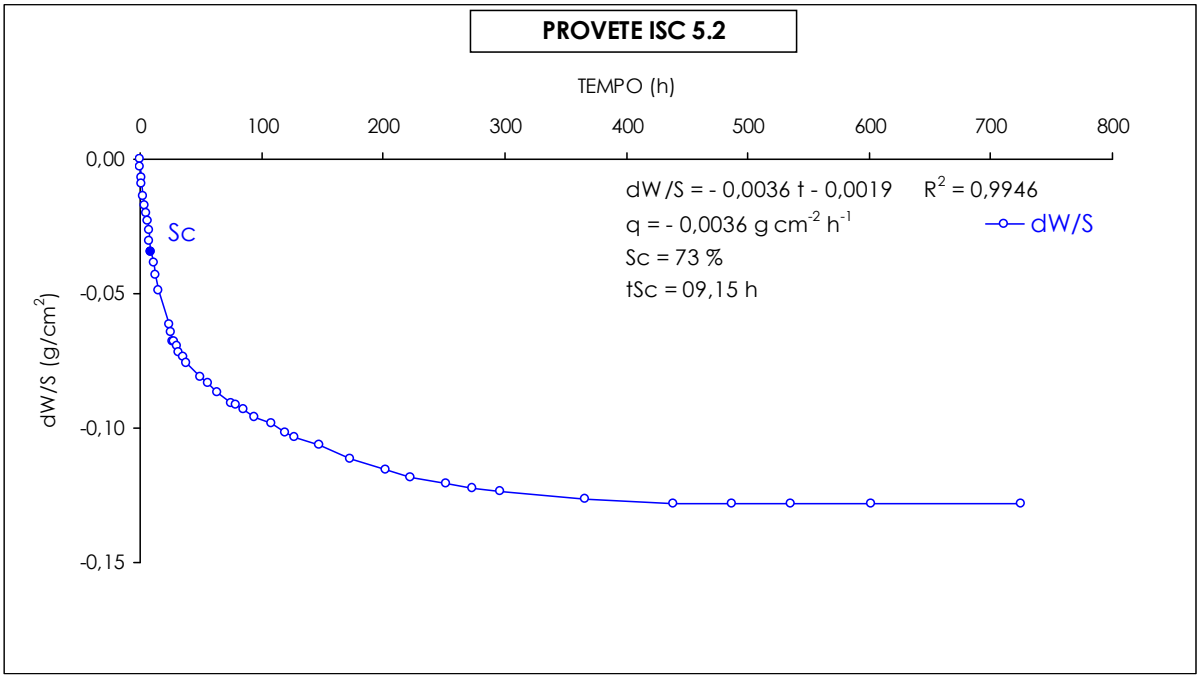
16	31	38	11	2007	245,88	43504	725,07	-0,1284

PESO - 247,94 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,046

ALTURA - 5,98 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 73



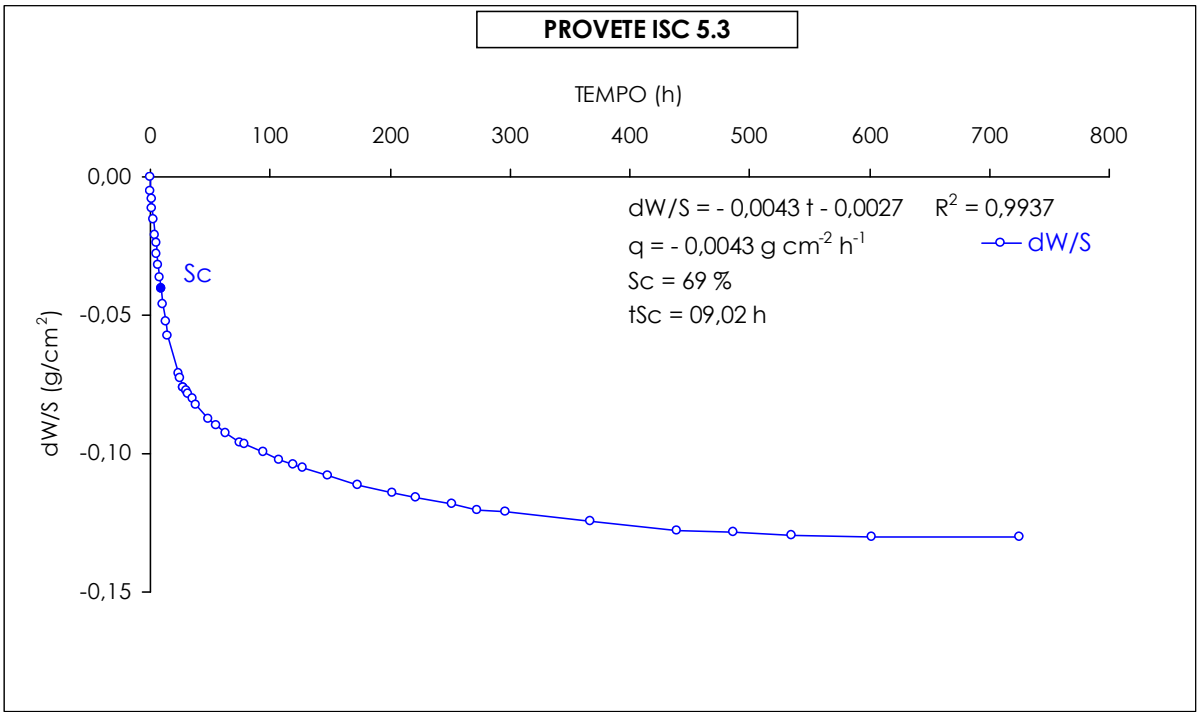
PROVETE 5.3								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	36	8	11	2007	238,97	0	0,00	0,0000
12	8	8	11	2007	238,89	32	0,53	-0,0050
12	38	8	11	2007	238,84	62	1,03	-0,0081
13	20	8	11	2007	238,79	104	1,73	-0,0112
14	26	8	11	2007	238,72	170	2,83	-0,0156
15	50	8	11	2007	238,63	254	4,23	-0,0212
16	30	8	11	2007	238,59	294	4,90	-0,0237
17	25	8	11	2007	238,52	349	5,82	-0,0280
18	28	8	11	2007	238,46	412	6,87	-0,0318
19	29	8	11	2007	238,39	473	7,88	-0,0361
20	37	8	11	2007	238,32	541	9,02	-0,0405
22	38	8	11	2007	238,23	662	11,03	-0,0461
0	35	9	11	2007	238,13	779	12,98	-0,0523
2	27	9	11	2007	238,05	891	14,85	-0,0573
11	10	9	11	2007	237,83	1414	23,57	-0,0710
12	42	9	11	2007	237,80	1506	25,10	-0,0729
14	36	9	11	2007	237,75	1620	27,00	-0,0760
15	45	9	11	2007	237,75	1689	28,15	-0,0760
17	42	9	11	2007	237,73	1806	30,10	-0,0773
19	14	9	11	2007	237,71	1898	31,63	-0,0785
22	30	9	11	2007	237,68	2094	34,90	-0,0804
1	48	10	11	2007	237,65	2292	38,20	-0,0823
12	33	10	11	2007	237,57	2937	48,95	-0,0872
19	2	10	11	2007	237,53	3326	55,43	-0,0897
2	40	11	11	2007	237,48	3784	63,07	-0,0929
14	37	11	11	2007	237,43	4501	75,02	-0,0960
18	15	11	11	2007	237,42	4719	78,65	-0,0966
10	1	12	11	2007	237,37	5665	94,42	-0,0997
23	3	12	11	2007	237,33	6447	107,45	-0,1022
10	50	13	11	2007	237,30	7154	119,23	-0,1041
19	9	13	11	2007	237,28	7653	127,55	-0,1053
15	20	14	11	2007	237,24	8864	147,73	-0,1078
16	33	15	11	2007	237,18	10377	172,95	-0,1116
21	38	16	11	2007	237,14	12122	202,03	-0,1140
17	42	17	11	2007	237,11	13326	222,10	-0,1159
22	49	18	11	2007	237,07	15073	251,22	-0,1184
20	29	19	11	2007	237,04	16373	272,88	-0,1203
19	22	20	11	2007	237,03	17746	295,77	-0,1209
18	10	23	11	2007	236,97	21994	366,57	-0,1246
18	27	26	11	2007	236,92	26331	438,85	-0,1278
18	30	28	11	2007	236,91	29214	486,90	-0,1284
19	5	30	11	2007	236,89	32129	535,48	-0,1296
13	9	33	11	2007	236,88	36093	601,55	-0,1303
16	33	38	11	2007	236,88	43497	724,95	-0,1303

PESO - 238,97 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,046

ALTURA - 5,82 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 69



PROVETE 6.1								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	38	8	11	2007	237,91	0	0,00	0,0000
12	8	8	11	2007	237,84	30	0,50	-0,0043
12	38	8	11	2007	237,78	60	1,00	-0,0081
13	20	8	11	2007	237,72	102	1,70	-0,0118
14	27	8	11	2007	237,65	169	2,82	-0,0161
15	50	8	11	2007	237,57	252	4,20	-0,0211
16	31	8	11	2007	237,52	293	4,88	-0,0242
17	25	8	11	2007	237,45	347	5,78	-0,0285
18	28	8	11	2007	237,39	410	6,83	-0,0323
19	29	8	11	2007	237,33	471	7,85	-0,0360
20	37	8	11	2007	237,26	539	8,98	-0,0403
22	38	8	11	2007	237,18	660	11,00	-0,0453
0	36	9	11	2007	237,09	778	12,97	-0,0509
2	28	9	11	2007	237,00	890	14,83	-0,0565
11	11	9	11	2007	236,80	1413	23,55	-0,0689
12	42	9	11	2007	236,77	1504	25,07	-0,0707
14	37	9	11	2007	236,73	1619	26,98	-0,0732
15	46	9	11	2007	236,72	1688	28,13	-0,0738
17	43	9	11	2007	236,70	1805	30,08	-0,0751
19	14	9	11	2007	236,68	1896	31,60	-0,0763
22	30	9	11	2007	236,65	2092	34,87	-0,0782
1	48	10	11	2007	236,62	2290	38,17	-0,0800
12	34	10	11	2007	236,54	2936	48,93	-0,0850
19	3	10	11	2007	236,50	3325	55,42	-0,0875
2	40	11	11	2007	236,44	3782	63,03	-0,0912
14	37	11	11	2007	236,40	4499	74,98	-0,0937
18	16	11	11	2007	236,38	4718	78,63	-0,0949
10	2	12	11	2007	236,33	5664	94,40	-0,0980
23	4	12	11	2007	236,29	6446	107,43	-0,1005
10	50	13	11	2007	236,25	7152	119,20	-0,1030
19	9	13	11	2007	236,23	7651	127,52	-0,1042
15	21	14	11	2007	236,18	8863	147,72	-0,1073
16	33	15	11	2007	236,13	10375	172,92	-0,1104
21	38	16	11	2007	236,08	12120	202,00	-0,1135
17	43	17	11	2007	236,04	13325	222,08	-0,1160
22	50	18	11	2007	236,01	15072	251,20	-0,1179
20	30	19	11	2007	235,98	16372	272,87	-0,1197
19	22	20	11	2007	235,96	17744	295,73	-0,1210
18	11	23	11	2007	235,89	21993	366,55	-0,1253
18	28	26	11	2007	235,85	26330	438,83	-0,1278
18	30	28	11	2007	235,83	29212	486,87	-0,1291
19	6	30	11	2007	235,83	32128	535,47	-0,1291
13	10	33	11	2007	235,83	36092	601,53	-0,1291

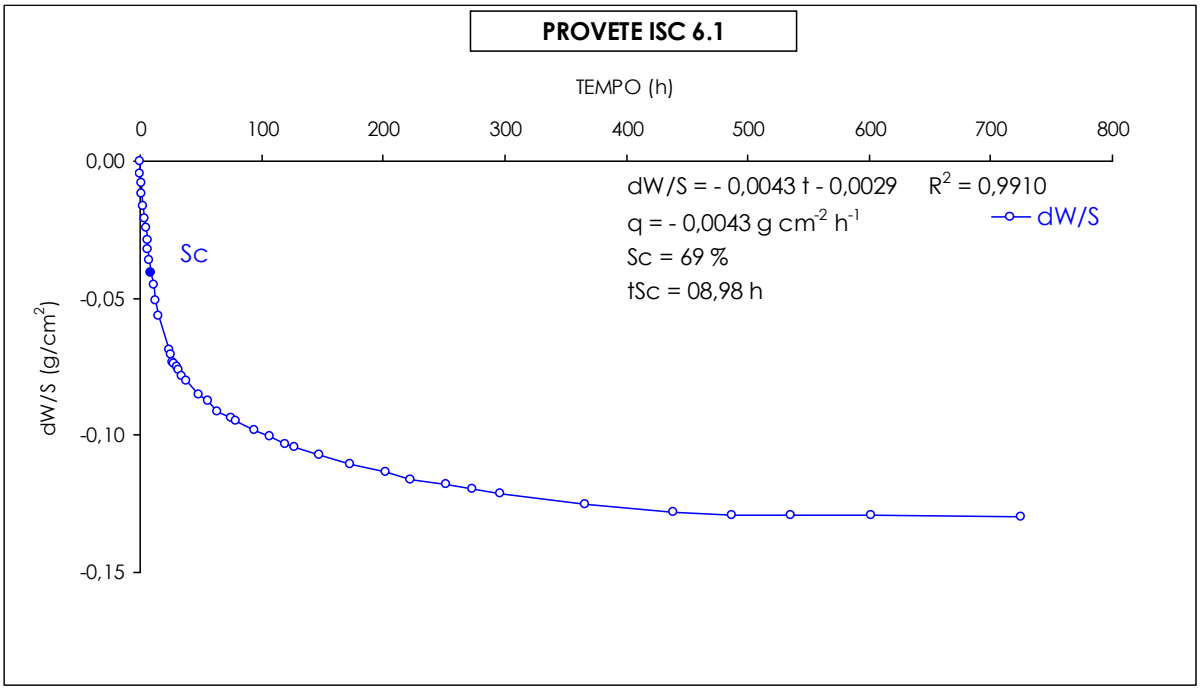
16	33	38	11	2007	235,82	43495	724,92	-0,1297

PESO - 237,91 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 5,71 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 69



PROVETE 6.2								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	39	8	11	2007	246,47	0	0,00	0,0000
12	8	8	11	2007	246,42	29	0,48	-0,0031
12	39	8	11	2007	246,38	60	1,00	-0,0056
13	21	8	11	2007	246,35	102	1,70	-0,0074
14	27	8	11	2007	246,28	168	2,80	-0,0118
15	51	8	11	2007	246,21	252	4,20	-0,0161
16	31	8	11	2007	246,17	292	4,87	-0,0186
17	26	8	11	2007	246,10	347	5,78	-0,0230
18	29	8	11	2007	246,05	410	6,83	-0,0261
19	30	8	11	2007	245,99	471	7,85	-0,0298
20	38	8	11	2007	245,92	539	8,98	-0,0341
22	39	8	11	2007	245,83	660	11,00	-0,0397
0	36	9	11	2007	245,75	777	12,95	-0,0447
2	28	9	11	2007	245,66	889	14,82	-0,0503
11	11	9	11	2007	245,37	1412	23,53	-0,0683
12	43	9	11	2007	245,33	1504	25,07	-0,0707
14	37	9	11	2007	245,28	1618	26,97	-0,0738
15	46	9	11	2007	245,27	1687	28,12	-0,0745
17	44	9	11	2007	245,23	1805	30,08	-0,0769
19	15	9	11	2007	245,21	1896	31,60	-0,0782
22	31	9	11	2007	245,17	2092	34,87	-0,0807
1	48	10	11	2007	245,13	2289	38,15	-0,0831
12	35	10	11	2007	245,04	2936	48,93	-0,0887
19	4	10	11	2007	244,98	3325	55,42	-0,0924
2	41	11	11	2007	244,92	3782	63,03	-0,0962
14	38	11	11	2007	244,85	4499	74,98	-0,1005
18	16	11	11	2007	244,83	4717	78,62	-0,1018
10	2	12	11	2007	244,78	5663	94,38	-0,1049
23	4	12	11	2007	244,71	6445	107,42	-0,1092
10	51	13	11	2007	244,67	7152	119,20	-0,1117
19	10	13	11	2007	244,66	7651	127,52	-0,1123
15	21	14	11	2007	244,60	8862	147,70	-0,1160
16	34	15	11	2007	244,52	10375	172,92	-0,1210
21	38	16	11	2007	244,46	12119	201,98	-0,1247
17	44	17	11	2007	244,41	13325	222,08	-0,1278
22	50	18	11	2007	244,37	15071	251,18	-0,1303
20	30	19	11	2007	244,36	16371	272,85	-0,1309
19	22	20	11	2007	244,33	17743	295,72	-0,1328
18	11	23	11	2007	244,27	21992	366,53	-0,1365
18	28	26	11	2007	244,27	26329	438,82	-0,1365
18	31	28	11	2007	244,26	29212	486,87	-0,1371
19	6	30	11	2007	244,26	32127	535,45	-0,1371
13	10	33	11	2007	244,26	36091	601,52	-0,1371

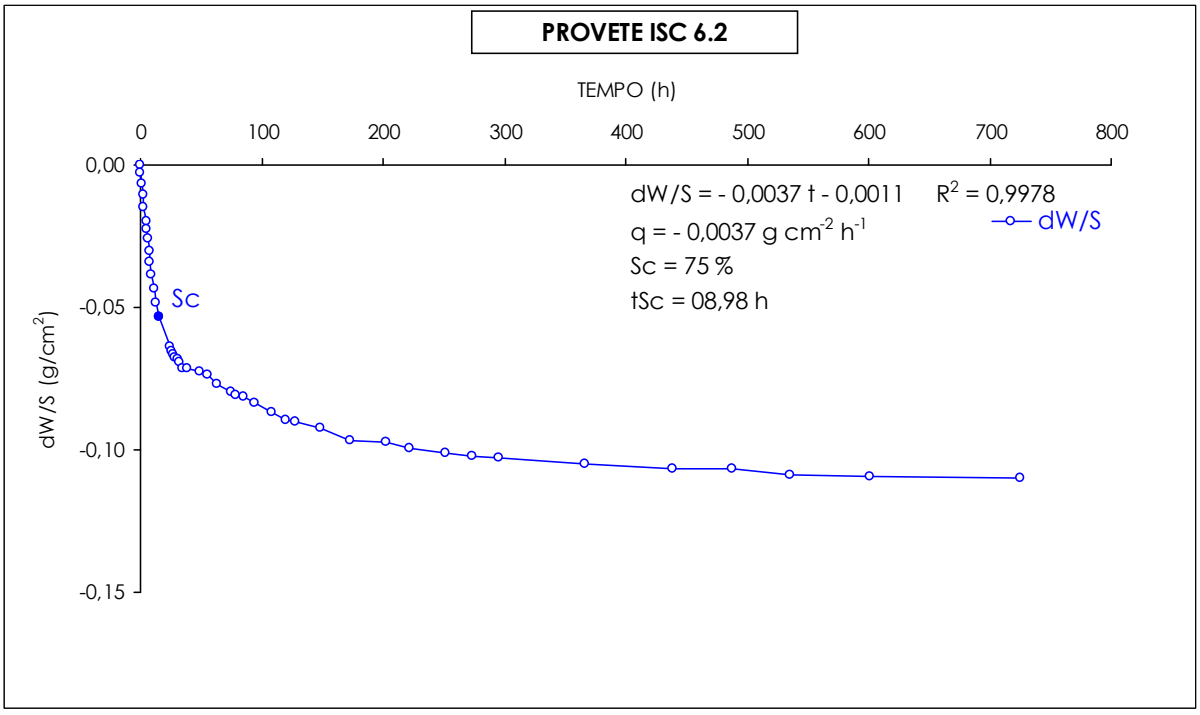
16	34	38	11	2007	244,26	43495	724,92	-0,1371

PESO - 246,47 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 5,94 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 75



PROVETE 6.3								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	40	8	11	2007	240,59	0	0,00	0,0000
12	9	8	11	2007	240,53	29	0,48	-0,0037
12	39	8	11	2007	240,49	59	0,98	-0,0062
13	21	8	11	2007	240,44	101	1,68	-0,0093
14	28	8	11	2007	240,35	168	2,80	-0,0149
15	51	8	11	2007	240,29	251	4,18	-0,0186
16	32	8	11	2007	240,23	292	4,87	-0,0223
17	27	8	11	2007	240,16	347	5,78	-0,0267
18	29	8	11	2007	240,11	409	6,82	-0,0298
19	31	8	11	2007	240,05	471	7,85	-0,0335
20	38	8	11	2007	239,98	538	8,97	-0,0378
22	40	8	11	2007	239,89	660	11,00	-0,0434
0	37	9	11	2007	239,81	777	12,95	-0,0484
2	29	9	11	2007	239,72	889	14,82	-0,0540
11	11	9	11	2007	239,46	1411	23,52	-0,0701
12	44	9	11	2007	239,42	1504	25,07	-0,0726
14	38	9	11	2007	239,37	1618	26,97	-0,0757
15	47	9	11	2007	239,35	1687	28,12	-0,0769
17	44	9	11	2007	239,33	1804	30,07	-0,0782
19	15	9	11	2007	239,30	1895	31,58	-0,0800
22	31	9	11	2007	239,27	2091	34,85	-0,0819
1	49	10	11	2007	239,23	2289	38,15	-0,0844
12	35	10	11	2007	239,14	2935	48,92	-0,0900
19	4	10	11	2007	239,08	3324	55,40	-0,0937
2	42	11	11	2007	239,04	3782	63,03	-0,0962
14	38	11	11	2007	238,98	4498	74,97	-0,0999
18	16	11	11	2007	238,97	4716	78,60	-0,1005
10	3	12	11	2007	238,91	5663	94,38	-0,1042
23	5	12	11	2007	238,87	6445	107,42	-0,1067
10	51	13	11	2007	238,83	7151	119,18	-0,1092
19	10	13	11	2007	238,81	7650	127,50	-0,1104
15	22	14	11	2007	238,76	8862	147,70	-0,1135
16	35	15	11	2007	238,69	10375	172,92	-0,1179
21	39	16	11	2007	238,62	12119	201,98	-0,1222
17	45	17	11	2007	238,59	13325	222,08	-0,1241
22	51	18	11	2007	238,56	15071	251,18	-0,1260
20	30	19	11	2007	238,52	16370	272,83	-0,1284
19	23	20	11	2007	238,50	17743	295,72	-0,1297
18	11	23	11	2007	238,44	21991	366,52	-0,1334
18	29	26	11	2007	238,42	26329	438,82	-0,1346
18	31	28	11	2007	238,40	29211	486,85	-0,1359
19	7	30	11	2007	238,40	32127	535,45	-0,1359
13	11	33	11	2007	238,40	36091	601,52	-0,1359

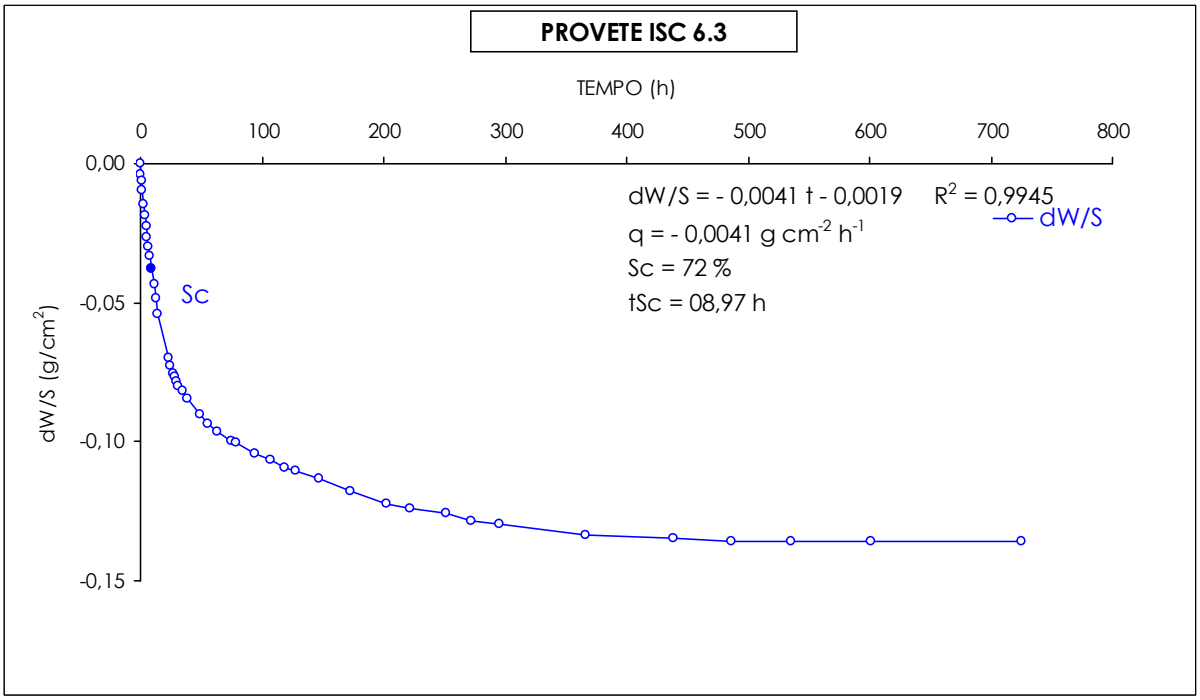
16	35	38	11	2007	238,40	43495	724,92	-0,1359

PESO - 240,59 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 5,78 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 72



PROVETE 6.4								
HORA	MINUTO	DIA	MÊS	ANO	PESO	MINUTOS	HORAS	dW/S
11	41	8	11	2007	245,29	0	0,00	0,0000
12	9	8	11	2007	245,24	28	0,47	-0,0031
12	39	8	11	2007	245,18	58	0,97	-0,0068
13	22	8	11	2007	245,13	101	1,68	-0,0099
14	28	8	11	2007	245,06	167	2,78	-0,0143
15	52	8	11	2007	244,97	251	4,18	-0,0199
16	33	8	11	2007	244,91	292	4,87	-0,0236
17	27	8	11	2007	244,83	346	5,77	-0,0285
18	30	8	11	2007	244,77	409	6,82	-0,0323
19	31	8	11	2007	244,70	470	7,83	-0,0366
20	39	8	11	2007	244,62	538	8,97	-0,0416
22	40	8	11	2007	244,52	659	10,98	-0,0478
0	37	9	11	2007	244,43	776	12,93	-0,0534
2	29	9	11	2007	244,34	888	14,80	-0,0589
11	12	9	11	2007	244,08	1411	23,52	-0,0751
12	45	9	11	2007	244,05	1504	25,07	-0,0769
14	39	9	11	2007	244,01	1618	26,97	-0,0794
15	47	9	11	2007	243,99	1686	28,10	-0,0807
17	45	9	11	2007	243,96	1804	30,07	-0,0825
19	16	9	11	2007	243,94	1895	31,58	-0,0838
22	32	9	11	2007	243,91	2091	34,85	-0,0856
1	49	10	11	2007	243,87	2288	38,13	-0,0881
12	36	10	11	2007	243,78	2935	48,92	-0,0937
19	5	10	11	2007	243,72	3324	55,40	-0,0974
2	42	11	11	2007	243,66	3781	63,02	-0,1011
14	38	11	11	2007	243,59	4497	74,95	-0,1055
18	17	11	11	2007	243,57	4716	78,60	-0,1067
10	3	12	11	2007	243,51	5662	94,37	-0,1104
23	5	12	11	2007	243,44	6444	107,40	-0,1148
10	51	13	11	2007	243,38	7150	119,17	-0,1185
19	10	13	11	2007	243,37	7649	127,48	-0,1191
15	22	14	11	2007	243,29	8861	147,68	-0,1241
16	35	15	11	2007	243,23	10374	172,90	-0,1278
21	39	16	11	2007	243,16	12118	201,97	-0,1322
17	46	17	11	2007	243,14	13325	222,08	-0,1334
22	51	18	11	2007	243,10	15070	251,17	-0,1359
20	31	19	11	2007	243,09	16370	272,83	-0,1365
19	23	20	11	2007	243,08	17742	295,70	-0,1371
18	11	23	11	2007	243,05	21990	366,50	-0,1390
18	30	26	11	2007	243,04	26329	438,82	-0,1396
18	31	28	11	2007	243,03	29210	486,83	-0,1402
19	7	30	11	2007	243,05	32126	535,43	-0,1390
13	11	33	11	2007	243,04	36090	601,50	-0,1396

16	35	38	11	2007	243,04	43494	724,90	-0,1396

PESO - 245,29 g

SECÇÃO (cm^2) - 16,117

ALTURA - 5,93 cm

SATURAÇÃO CRITICA (%) - 70

